



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS
TROPICAIS.**

DJAIR DE JESUS MONTELO

**CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA MACROFAUNA
BENTÔNICA NO ESTUÁRIO DO RIO GUAJARÁ-MIRIM MUNICÍPIO DE
VIGIA-PARÁ, BRASIL**

**BELÉM
2014**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS
TROPICAIS.**

DJAIR DE JESUS MONTELO

**CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA MACROFAUNA
BENTÔNICA NO ESTUÁRIO DO RIO GUAJARÁ-MIRIM MUNICÍPIO DE
VIGIA-PARÁ, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Nuno Filipe Alves
Correia de Melo.

Co-Orientador: Prof. Dr. Marko Herrmann

**BELÉM
2014**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS AQUÁTICOS
TROPICAIS.

DJAIR DE JESUS MONTELO

CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA MACROFAUNA
BENTÔNICA NO ESTUÁRIO DO RIO GUAJARÁ-MIRIM MUNICÍPIO DE
VIGIA-PARÁ, BRASIL

Data: 30/08/2014

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo.
Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – ISARH/UFRA

Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta
Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – ISARH/UFRA

Prof.ª Dr.ª Maria de Lourdes Sousa Santos
Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos – ISARH/UFRA

Prof.ª Dr.ª Clara Ferreira de Mello
Universidade Federal do Pará – UFPA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

MONTELO, DJAIR DE JESUS MONTELO

CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA MACROFAUNA BENTÔNICA NO ESTUÁRIO DO RIO GUAJARÁ-MIRIM MUNICÍPIO DE VIGIA-PARÁ, BRASIL / DJAIR DE JESUS MONTELO MONTELO. - 2014.

69 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGARAT), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2014.

Orientador: Prof. Dr. NUNO FILIPE ALVES CORREIA DE MELO MELO

Coorientador: Prof. Dr. Marko Herrmann.

1. Macrofauna Bentônica. 2. Polychaeta. 3. Vigia - PA. 4. Rio Guajará-Mirim. 5. Estuário. I. MELO, NUNO FILIPE ALVES CORREIA DE MELO, *orient.* II. Título

CDD 592

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. OBJETIVOS	12
1.1. OBJETIVO GERAL	12
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. JUSTIFICATIVA	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
4.1.1. Histórico	22
4.1.2. Localização.....	22
4.1.3. Geologia e relevo.....	23
4.1.4. Solos e topografia.....	23
4.1.5. Hidrografia	24
4.1.6. Vegetação	24
4.1.7. Clima	24
4.2. PROCEDIMENTO DE CAMPO	25
4.3. PROCEDIMENTO DE LABORATÓRIO.....	27
4.3.1. Material biológico	27
4.3.2. Determinação de matéria orgânica (M.O).....	27
4.3.3. Granulometria.....	28
4.3.4. Análises dos dados	30
5. RESULTADOS	32
6.1 DADOS ABIÓTICOS.....	32
6.2 DADOS BIOLÓGICOS	39
6. DISCUSSÃO	50
7. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS	57
ANEXOS	67

RESUMO: Estuários são ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde rios encontram o mar, resultando na diluição mensurável da água salgada. Este estudo foi realizado a fim de caracterizar a composição e distribuição da fauna de macroinvertebrados do estuário do rio Guajará-mirim no município de Vigia-PA. Para isso foram realizadas coletas espaço temporal e sazonal na lua de quadratura bimestralmente desde setembro de 2011 a julho de 2012. Foram pré-estabelecidas quatro estações ao longo do estuário, em cada uma das estações realizou-se medições de pH, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), N-amoniaco (NH₄), fosfato (PO₄) e profundidade. Amostras da macrofauna e do sedimento foram coletadas com um pegador de fundo do tipo Ekman-Birge (0,0225 m²). Em seguida, as amostras foram pré-lavadas em campo em malha de 0,5 mm, acondicionadas em pote de plástico com formol 10% (tamponado com bórax, para evitar a descalcificação dos moluscos) e corados com rosa de bengala (para tornar mais eficiente a triagem e identificação posterior) e levadas até o laboratório para posterior identificação. As amostras de sedimento foram acondicionadas em sacos plásticos, guardadas em isopor com gelo e levadas para o laboratório onde foram secas (70°C) para posterior análise de matéria orgânica e granulometria. Em laboratório as amostras biológicas foram identificadas ao menor nível taxonômico possível. Para análise dos dados, foram utilizadas técnicas univariadas (teste tipo W de Shapiro-Wilks, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, teste ANOVA one way) e multivariadas (RDA). A macrofauna bentônica foi composta por 33 táxons, constituída principalmente de anelídeos, destaque para as espécies de Polychaeta *Namalycastis abiuma*, *Nephtys fluviatilis* e *Mediomastus californiensis*, estas espécies foram as mais abundantes e apresentaram maiores densidades durante todo o período de coleta. Os resultados demonstraram variação espacial significativa para densidade e riqueza, já diversidade e equitabilidade apresentaram variação significativa temporal na estrutura das associações macrobentônicas. O RDA demonstrou que as variáveis ambientais silte, pH, matéria orgânica (MO) e nitratos (NO₃) foram os parâmetros mais significativos para a estruturação da comunidade macrobentônica. De modo geral, apesar das baixas concentrações de salinidade do estuário do rio Guajará-mirim, a macrofauna constitui-se principalmente de espécies estuarinas, com dominância de poucas espécies, mantendo altas densidades desses organismos durante todo o período de coleta.

Palavra chave: Macrobentos, Zoobentos, Polychaeta, Ambiente Estuarino.

ABSTRACT: Estuaries are transitional between the continent and the ocean where rivers meet the sea environments, resulting in measurable dilution of seawater. This study was performed to characterize the composition and distribution of the macroinvertebrate fauna of the estuary Guajará-Mirim river in the municipality of Vigia-PA. For that sampling time and seasonal space were performed on the moon Quadrature bimonthly from September 2011 to July 2012 were pre-established four stations along the estuary, in each of the stations took measurements of pH, salinity, temperature, dissolved oxygen (OD), nitrite (NO₂), nitrate (NO₃), N ammonium (NH₄), phosphate (PO₄) and depth. Samples of macrofauna and sediment were collected with a background of type catcher Ekman-Birge (0.0225 m²). Then, the samples were pre-washed in the field on 0.5 mm mesh, packed in a plastic pot with 10% formalin (buffered with borax to prevent decalcification clam) and stained with rose bengal (to make it efficient sorting and subsequent identification) and taken to the laboratory for further identification. The sediment samples were put up in plastic bags, stored in Styrofoam with ice and taken to the laboratory in which they were dried (70 ° C) for later analysis of organic matter and particle size. Laboratory biological samples were identified to the lowest possible taxonomic level. (Type W Shapiro-Wilks test, Kruskal-Wallis test, Man-Whitney test, one-way ANOVA test) and multivariate (RDA) univariate techniques were used for data analysis. The macrofauna were distributed in 33 taxa, consisting mainly of annelids, especially species polychaeta *Namalycastis abiuma*, *Nephtys fluviatilis* and *Mediomastus californiensis* were more abundant and had higher densities throughout the collection period. The results showed spatial variation in the density and richness, diversity and equitability showed already significant temporal structure of macrobenthic associations. The RDA showed that the environmental variables, silt, pH, organic matter (OM) and nitrate (NO₃) were the most significant parameters for structuring the macrobenthic community. Overall, despite the low concentrations of salinity of the river estuary Guajará-Mirim, macrobenthos constitutes mainly of estuarine species, with dominance of a few species, maintaining high densities of these organisms throughout the collection period.

Keyword: Macrobentos, Zoobentos, Polychaeta, Estuarine Environment

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa ilustrativo do Pará indicando os locais mais estudados em fauna de Bentos.	15
Figura 2: Mapa ilustrativo do local de coleta e suas respectivas estações.	23
Figura 3: Draga tipo Ekman-Birge.	25
Figura 4: Medições de parâmetros ambientais com auxílio de uma sonda multiparâmetros HANNA (A) e coletas de águas com a garrafa tipo Van Dorn (B) no estuário do rio Guajará-mirim.	26
Figura 5: Microscópio estereoscópico da marca Zeiss e modelo Discovery. V8.	27
Figura 6: (A) Oxidação das amostras com peróxido; (B) Centrifugação das amostras em laboratório.	29
Figura 7: (A) Homogeneização das amostras em tubos e (B) no erlenmeyer.	29
Figura 8: (A) e (B) Análise granulométrica a laser no shimadzu, modelo SALD-2201.	30
Figura 9: Precipitação pluviométrica total (setembro/2011-agosto/2012) e média mensal histórica para a região estudada (1977 a 2012).	32
Figura 10: Box-plot dos valores de (A) temperatura, (B) salinidade, (C) pH e (D) oxigênio dissolvido (OD) da água do estuário do rio Guajará-Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudo.	34
Figura 11: Box-plot dos valores de (A) nitrito, (B) nitrato, (C) fosfatos e (D) N-amoniaco da água do estuário do rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudo.	35
Figura 12: Profundidade média amostrados nos pontos de coleta ao longo do período de estudo.	36
Figura 13: Box-plot dos teores de matéria orgânica do sedimento no estuário do Rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudo.	36
Figura 14: Diagrama de Pejrup para as amostras de sedimento no estuário do Rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudos.	38
Figura 15: Participação relativa dos filos na macrofauna total do estuário Rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), durante os meses de coleta.	40
Figura 16: Abundância relativa dos principais grupos taxonômicos da macrofauna total do estuário rio Guajará-Mirim (Vigia-Pará), durante os meses de coleta.	41
Figura 17: Abundância relativa dos principais grupos taxonômicos da macrofauna total do estuário rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), em cada estação durante os meses de coleta.	42
Figura 18: Abundância relativa dos principais táxons da macrofauna total de Polychaeta do estuário rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), durante os meses de coleta.	43

Figura 19: Abundância relativa dos principais táxons da macrofauna total de Polychaeta do estuário rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), em cada estação durante os meses de coleta.	44
Figura 20: Densidade total e riqueza total da macrofauna bentônica identificada no estuário do rio Guajará-Mirim, durante os meses de coletas.....	45
Figura 21: Densidade total da macrofauna bentônica identificada no estuário do rio Guajará-Mirim (Vigia-Pará), em cada ponto de coleta durante o período de estudo.....	46
Figura 22: Densidade dos principais táxons da macrofauna total de Polychaeta do estuário rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), durante os meses de coleta.	46
Figura 23: Frequência de ocorrência das espécies da macrofauna encontradas no estuário Guajará-mirim, durante o período de estudo.	48
Figura 24: Box-plot do índice de diversidade Shannon (H') e equitabilidade Pielou (J') da macrofauna no estuário do rio Guajará-Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudo...	49
Figura 25: Análise de componentes principais (PCA), dos parâmetros ambientais e as principais espécies da macrofauna, relacionado com a sazonalidade e com pontos de coleta no estuário do rio Guajará-Mirim no município de Vigia-Pará.	50
Figura 26: Representantes dos principais táxons de maior densidade durante o período de estudo no estuário do rio Guajará-mirim Vigia-Pará, Brasil. (26A: <i>Nephtys fluviatilis</i> ; 26B; <i>Mediomastus californiensis</i> ; 26C: <i>Namalycastis abiuma</i>).	69

Lista de Tabelas

Tabela 1: Valores das análises dos testes Kruskal-Wallis e ANOVA, para as variáveis ambientais, entre os locais e as ocasiões de amostragem, no estuário do rio Guajará-Mirim.	33
Tabela 2: Lista geral de táxons identificados no estuário Rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), com indicação dos meses em que foram coletados.	39
Tabela 3: Tabela -Valores das análises dos testes Kruskal-Wallis e ANOVA, para densidade total, riqueza total, diversidade de Shannon e equitabilidade Pielou, entre os locais e as ocasiões de amostragem, no estuário do rio Guajará-Mirim.....	44
Tabela 4: Tabela: Valores do teste W de Shapiro-Wilk e valores p(normal) para as variáveis ambientais do estuário do rio Guajará-mirim, durante os períodos de coletas.	67
Tabela 5: Tabela: Valores do teste W de Shapiro-Wilk e valores p(normal) para as variáveis bióticas do estuário do rio Guajará-mirim, durante os períodos de coletas. ...	67
Tabela 6: Valores de densidade total para cada táxon identificado nos estuário do rio Guajará-mirim, em cada ponto de coleta durante os meses de estudos.....	68

INTRODUÇÃO

Os estuários são ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde as águas dos rios encontram-se com a água do mar transportadas pela ação das marés, resultando na diluição da água salgada e tornando-o assim, um ecossistema costeiro complexo com processos biológicos, químicos e físicos peculiar (MIRANDA et al., 2002).

Esses ambientes costeiros recebem aporte de material orgânico e inorgânico de origem alóctone (proveniente do continente) e autóctone (produzidos pela flora e fauna locais), que dão suporte a ricas associações bênticas. Estas, por sua vez, são os principais integrantes das dietas de peixes e crustáceos decápodos que utilizam esse ambiente como área de alimentação e criação (COUTO et al., 1995). Porém, o elevado desenvolvimento urbano das regiões litorâneas e o conseqüente acelerado crescimento demográfico, têm causado a diminuição da qualidade ambiental desses locais (DUARTE et al., 2001).

As comunidades aquáticas se localizam em diferentes regiões e substratos dentro do ecossistema estuarino, cada uma tem sua denominação específica e de acordo com as suas diversas características (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). A comunidade bentônica é formada por animais (zoobentos) e vegetais (fitobentos) caracterizando-se por habitar a superfície e/ou dentro do sedimento aquático (ESTEVES, 1998). O zoobentos é constituído por anelídeos (oligoquetas e poliquetas), nematódeos, moluscos (bivalves e gastrópodes), ostracodas, entre outros. Sendo em ambientes costeiros representada por quase todos os filos de invertebrados (LEVINTON, 2001).

De acordo com seu tamanho o zoobentos está dividido em macrobentos, meiobentos e microbentos. A maioria dos autores aceitam o macrobentos como os animais maiores que 1mm e que são retidos em uma malha de 500 μ m (MONTEALEGRE, 2000). A distribuição e composição dessa fauna é fortemente influenciada por diversos fatores ambientais, físicos e químicos, principalmente, tipo de substrato, concentração de matéria orgânica, velocidade e transporte de sedimento pela corrente, temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na água. Onde esses parâmetros interagem com fatores bióticos locais, determinando a diversidade e complexidade estrutural no ambiente estuarino (HYNES, 1970; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

A estrutura dessas associações é caracterizada por atributos ou descritores, tais como: composição específica, distribuição, abundância, biomassa, tamanho, relações tróficas e diversidade nos seus componentes, riqueza específica e equitabilidade. A dinâmica temporal dessas associações, por sua vez, relaciona-se com flutuações nos recrutamentos, predação, disponibilidade de alimento ou da eficiência na recolonização do substrato após perturbações naturais ou artificiais (LEVINTON, 2001).

Os macroinvertebrados bentônicos têm importante papel na ciclagem de nutrientes, através do biorrevoltamento, aumentam a decomposição de detritos e a liberação de nutrientes na coluna de águas. Essa comunidade atua no processo de fragmentação e decomposição da matéria orgânica, participando efetivamente dos ciclos biogeoquímicos desses ambientes, além de ser também um dos principais elementos no processo de sucessão ecológica e na transferência de energia para níveis tróficos acima (BOUCHARD, 2004; ESTEVES, 1998; ISMAEL et al., 1999; STRIXINO;TRIVINHO-STRIXINO, 2006).

Pelo fato do macrobentos representar um importante papel na dinâmica do sistema estuarino, sob o ponto de vista do balanço energético, constituem-se uma excelente fonte de alimento para muitos organismos marinhos e são encontrados na maioria dos habitats. A presença de determinadas espécies no ambiente podem revelar condições específicas, sendo considerados excelente bioindicadores (AMARAL;NONATO, 1996; FRANKLIN-JÚNIOR, 2000; WARWICK, 1993).

Estes organismos vêm sendo amplamente utilizados como ferramenta de avaliação de áreas impactadas ou não, especialmente, aqueles casos por enriquecimento orgânico e contaminação por metais pesados. O uso destes organismos como indicadores apresenta várias vantagens, pois apresenta limitado padrão de migração, vida sésil (CARVALHO, 2004; LANA, 1994; STEPHENS;FARRIS, 2004), distribuição abundante, sendo residentes ao longo do ano (POHLE et al., 2001); compõem vários níveis tróficos e respondem de diferentes maneiras ao estresse ocasionado naquele ambiente (CARVALHO, 2004).

Dada a importância da macrofauna bentônica para o ambiente estuarino, faz-se necessária a realização de estudos que venham contribuir com informações básicas e específicas, sobre a macrofauna de invertebrados nos estuários amazônicos. Em vista da escassez de trabalhos realizados na região, principalmente em estuários oligohalinos, este

estudo tem como objetivo a caracterização espaço-temporal da macrofauna bentônica do estuário do rio Guajará-mirim, em Vigia-Pará, Brasil.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GERAL

Caracterizar a composição e distribuição da macrofauna de macroinvertebrados do estuário do rio Guajará-mirim no município de Vigia-PA.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Caracterizar a estrutura da comunidade macrofauna bentônica, em termos de composição, riqueza, abundância, densidade, diversidade e equitabilidade no estuário do rio Guajará-mirim;
- b. Analisar a distribuição espaço-temporal da macrofauna bentônica no estuário do rio Guajará-mirim;
- c. Avaliar as variáveis ambientais (temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), N-amoniacal (NH_4), fosfato (PH_4), salinidade, profundidade, matéria orgânica (MO), e granulometria) são condicionantes para a distribuição da macrofauna bentônica no estuário do Guajará-mirim;

2. JUSTIFICATIVA

Atualmente é importante estudar os múltiplos fatores (físicos, químicos e biológicos) que atuam sobre um determinado ecossistema, bem como, determinar quais desses são os parâmetros que de fato influenciam na estrutura trófica e no metabolismo deste ambiente, afim de conhece-lo e compreende-lo como um todo.

Considerando que a comunidade de macroinvertebrados bentônicos é um elo de grande importância ecológica, onde estes organismos geram uma eficiente ciclagem de nutrientes e otimização do fluxo de energia entre os diferentes componentes da complexa estrutura trófica nos ecossistemas aquáticos, principalmente nos estuários, e visando contribuir com o conhecimento da ecologia em ambientes estuarinos, foi proposto neste trabalho, um estudo sobre a macrofauna bentônica do estuário do rio Guajará-mirim.

Apesar da grande importância ecológica que a comunidade bentônica representa para os ecossistemas aquáticos, poucos são os estudos sobre a composição e a variação temporal desta comunidade e sua relação com os parâmetros abióticos, visto a importância ambiental, econômica e social do ecossistema estuarino para a região nordeste paraense.

O presente estudo se justifica pela importância dos macroinvertebrados bentônicos nos processos de ciclagem de nutrientes e na cadeia alimentar no ecossistema estuarino, como também, pela carência de dados ecológicos sobre a estrutura dessa comunidade na zona costeira do Norte e Nordeste do Brasil. Além disso, também visa contribuir com a descrição de características abióticas (físico-químicos, matéria orgânica e granulometria) e suas influencias sobre a comunidade bentônica no estuário estudado.

Desta forma, o conhecimento da composição e estrutura da comunidade bêmica no estuário de Vigia-Pará, dará base para futuros planos de monitoramento de qualidade ambiental, que venham contribuir para melhor aproveitamento do recurso estuarinos regionais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Estudos têm demonstrado que a distribuição espacial e temporal do macrobentos é controlada por fatores abióticos naturais como salinidade (ROZAS et al., 2005), características do sedimento (BARROS et al., 2008; KENDALL;WIDDICOMBE, 1999), entrada de nutrientes (HEIP et al., 1995) e hidrodinamismo (SALEN-PICARD;ARLHAC, 2002), processos bióticos antropogênicos, como enriquecimento orgânico (SURUGIU, 2005) e também contaminação por compostos tóxicos e metais pesados (BROWN et al., 2000; HATJE et al., 2008).

No Brasil, os estudos sobre a macrofauna bêntica estão concentrados nas regiões sul e sudeste, conseqüentemente estas regiões possuem um maior conhecimento da fauna em relação às demais regiões do país (LANA et al., 2009).

AMARAL et al. (2013), elaboraram um levantamento dos estudos efetuados no Brasil entre 2006 a 2012 e apresentou uma listagem das espécies com dados adicionais sobre, tipo de ambiente (entre marés, sublitoral, estuário, entre outros), profundidade, tipo de sedimento e localidade de ocorrência. Neste contexto um dos locais mais estudados está a plataforma continental sudeste-sul do Brasil e o estuário da Lagoa dos Patos-RS, destaque para os estudos de: PINTO;BEMVENUTI (2003); BEMVENUTI et al. (2003); CAPITOLI;BEMVENUTI (2004); ROSA FILHO et al. (2004); FERREIRA et al. (2005); BEMVENUTI et al. (2005); ROSA;BEMVENUTI (2006a); ROSA;BEMVENUTI (2006b); NEVES;BEMVENUTI (2006); CAPITOLI;BEMVENUTI (2006); KAPUSTA et al. (2006); PINTO et al. (2006); ANGONESI et al. (2006); ROSA;BEMVENUTI (2007); PINOTTI et al. (2011).

Assim como em outras partes do mundo, no Brasil, alterações na estrutura das associações bentônicas em áreas estuarinas têm sido frequentemente associadas às mudanças ambientais promovidas pela crescente urbanização (ANGONESI, 2000; CANARY et al., 2009; CARVALHO, 2004; FRANKLIN-JÚNIOR, 2000; OURIVES et al., 2011; PAGLIOSA;BARBOSA, 2006; ROLEMBERG et al., 2008; ROSA FILHO, 2001; ROSA FILHO et al., 2004; SILVA, 2006), porém dados históricos e estudos de monitoramento continuam raros.

A fauna bêntica dos estuários da Costa Norte (Amapá, Pará e Maranhão) é uma das menos conhecidas do litoral brasileiro (LANA et al., 1996), embora seja comprovada a enorme representatividade e importância ecológica e econômica dessa área no contexto

costeiro do Brasil. No Pará os trabalhos já realizados sobre este grupo concentram-se em ambientes da planície costeira bragantina, no estuário do Município de Curuçá e Baía do Guajará, motivados pela facilidade na logística de coleta, proximidade de universidades e centros de pesquisas científicas instalados na área (Figura 1).

Figura 1: Mapa ilustrativo do Pará indicando os locais mais estudados em fauna de Bentos.



Fonte – Do autor

A fauna bentônica dos estuários paraenses já foi estudada quanto à: composição específica, variações espaço-temporais, distribuição quanto ao tipo de substrato, relações filogenéticas, dinâmica populacional e enriquecimento orgânico.

Nesse contexto FIGUEIRA (2002), caracterizou a comunidade macrobêntica dos manguezais do furo grande Bragança-Pará, com coletas mensais em três subáreas distintas em bosque misto com árvores de *Avicennia germinans* e *Rhizophora mangle*, em uma subárea dominada por *Avicennia germinans* e uma terceira por *Rhizophora mangle*. Este autor coletou um total de 3.954 organismos, distribuídos em cinco filos (Nemertina, Mandibulata, Crustácea, Annelida e Mollusca), com dominância do grupo dos anelídeos poliquetas, que representam 84,39% do total de invertebrados, tendo a

subárea mista obtendo a maior densidade com valor de 963 ind.m⁻², para o autor o oxigênio dissolvido e a salinidade foram os parâmetros físico-químicos que mostraram forte correlação com comunidade bêntica.

SANTOS (2003), realizou estudos genéticos e ecológicos da família Teredinidae (Mollusca: Bivalvia) e demonstrou haver pelo menos cinco distintos haploides nas três espécies (*Bakia fimbriatula*, *Neoteredo reynei* e *Psiloteredo healdi*) encontradas no Pará. Já em termos ecológicos *Neoteredo reynei* apresentou maior abundância por coletores e entre locais de coleta.

SAMPAIO (2004), investigou a macrofauna bentônica nos manguezais do município de Bragança-Pará, enfatizando o efeito em diferentes graus de degradação dos bosques de mangue. Neste estudo foram identificados seis filos, Nemertinea, Mandibulata, crustácea, anelídea, Mollusca e Kheliceriformes, onde a classe Polychaeta foi dominante com 72% do total de organismos identificados. Os valores de densidade diminuíram com o aumento do grau de degradação do ambiente, onde o acentuado valor de salinidade na área impactada ocasionou a perda da biodiversidade da macrofauna.

Descrevendo as variações espaciais e temporais na estrutura das associações macrobentônicas de fundos moles, nos ambientes estuarinos na Planície Costeira Bragantina, FERNANDES (2006), identificou 70 táxons pertencentes aos filos Annelida (22 táxons), Mandibulata (20 táxons), Crustácea (16 táxons), Mollusca (6 táxons), Chelicerata (3 táxons), Nemertea (1 táxon) e Cnidária (1 táxon), tendo os Polychaetas *Streplospio benedicti* (Spionidae) e *Notomastus lobatus* (Capitellidae) como dominantes. As maiores densidades foram encontradas nos pontos de maiores salinidades. Já a riqueza foi maior nas áreas vegetadas.

Na utilização da fauna bêntica como indicadora de situação ambiental, destaque para o trabalho realizado por PAULA et al. (2006), que utilizou a meiofauna como indicadora de impactos da carcinicultura no estuário de Curuçá-PA. Como resultado deste trabalho, a meiofauna esteve representada por 16 táxons: Cnidária, Turbellaria, Nematoda, Rotífera, Kinorhyncha, Sipuncula, Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta, Oligochaeta, Acari, Ostracoda, Copepoda, Nauplius, Isopoda e Tanaidacea. Sendo deste Nematodas os mais abundantes durante o estudo. A diversidade e equitabilidade não variaram significativamente entre estações do ano, mas apresentaram a variação

significativa entre locais de amostragem. Os resultados indicaram que carcinicultura ainda não têm impactos negativos sobre a meiofauna bentônica do estuário estudado.

Em área não vegetada de manguezal do rio Caeté-Bragança, ao longo do gradiente de salinidade ROSA FILHO et al. (2006) investigou composição específica, abundância, diversidade e equitabilidade. Foram registrados 844 espécimes pertencentes a 17 táxons dos filos Nemertinea, Arthropoda e Annelida. A classe Polychaeta dominou as associações (11 táxons e 87,25% do total de indivíduos). Os táxons mais abundantes foram *Mediomastus californiensis*, *Nephtys fluviatilis* e Oligoquetas Tubificidae. A riqueza total e abundância total aumentaram seguindo a elevação do gradiente de salinidade.

MIRANDA (2007), comparou a distribuição e a abundância dos macroinvertebrados bentônicos nos rios Quatipurú, Caeté e Urumajó, situados no nordeste paraense, na estação seca. Foram observados maiores números e abundância de táxons nos rios Quatipurú e Caeté, na estação seca. A coleta livre apresentou maior diversidade de táxons e a coleta com a draga maior abundância. Os fatores abióticos que se relacionaram com a distribuição e abundância dos macroinvertebrados bentônicos, no rio Quatipurú foram: temperatura, velocidade da corrente e dureza. Na estação seca as variáveis abióticas que se correlacionaram com a macrofauna dos rios Quatipurú, Caeté e Urumajó foram: condutividade, velocidade da corrente, temperatura, sulfato e taninos.

MELO (2008), estudou em dois períodos distintos (seco e chuvoso) a macrofauna bentônica da zona sublitoral da praia de Ajuruteua, Baía Caeté e Ilha Canela. Foram coletados 355 indivíduos com o pegador e 307 com a draga, distribuídos em 49 táxons. Os táxons dominantes para ambos os amostradores foram poliquetos e crustáceos. A abundância média nos dois amostradores não apresentou diferenças significativas entre locais e períodos. O número médio de táxons foi significativamente maior no período seco para ambos os amostradores, com exceção da Baía do Caeté com pegador. Em termos de composição o poliqueta *Nephtys fluviatilis* foi dominante durante o período chuvoso, o bivalve *Tellina* esteve presente nos dois períodos destes locais e o equinodermo da família Mellitidae foi abundante no período seco. A análise de componentes principais apontou a salinidade como a principal variável ambiental, silte e turbidez como variáveis secundárias, que influenciam a comunidade bentônica.

NASCIMENTO (2008), apresentou uma análise da diversidade e da densidade da macrofauna bentônica sob os bosques de mangue da península de Ajuruteua, Bragança-PA. Como resultados foram classificados nos filos, Annelida, Mollusca, Crustacea, Arthropoda, Nemertinea e Tubellaria. Os indivíduos foram divididos em nove classes, 17 ordens, 19 famílias, 16 gêneros e 12 espécies. Os organismos mais abundantes foram espécimes da classe Polychaeta *Notomastus lobatus* e *Namalycastis abiuma*. Já em relação ao local de coletas, a área não impactada apresentou maior densidade de organismos coletados. Os resultados estatísticos mostraram que variáveis abióticas selecionadas apresentaram correlação baixa, positiva e não significativa com os valores de abundância e distribuição espaço-temporal das assembleias de macrobentos para os três sítios.

SANTOS (2008), estudou a assembleia da macrofauna bentônica do estuário do rio Quatipurú, nos municípios de Tracuateua e Quatipuru (Estado do Pará), em termos de densidade, composição e sua relação com o ambiente, em três sítios distintos, caracterizados principalmente pela concentração de salinidade. Este autor, identificou um total de 927 espécimes pertencentes a cinco filos (Annelida, Mandibulata, Mollusca, Crustácea, Acarina e Nemertina), com dominância da classe Polychaeta com 81,9% dos espécimes coletados. O terceiro sítio de coleta, caracterizado pela maior concentração de salinidade, apresentou o maior número de indivíduos coletados. Não obstante, os fatores ambientais mais bem relacionados com a densidade e composição foram salinidade e nitrato.

O objetivo de AVIZ et al. (2009), foi caracterizar a macrofauna associada às galerias perfuradas por *Neoteredo reynei* em toras de *Rhizophora mangle* em uma área de manguezal do estuário do rio Mojuim (São Caetano de Odivelas, Pará). A macrofauna associada às suas galerias foi composta por um total de 452 indivíduos, distribuídos em 31 táxons pertencentes aos filos: Nemertea (um táxon), Mollusca (três táxons), Annelida (seis táxons) e Arthropoda (21 táxons). Os descritores biológicos (abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade) aumentaram seus valores ao longo dos meses, como provável reflexo do aumento da salinidade no estuário.

Em bancos de marismas na Ilha de Canela-Pa, BRAGA et al. (2009), relacionou à altura e densidade de *Spartina brasiliensis* com a densidade e diversidade da macrofauna bentônica. Com amostragens realizada quatro vezes durante um ano, nas estações

chuvosa, seca e nos períodos de transição entre estas. Foi encontrado um total de 46 táxons e dominância dos poliquetos, isopodos e do gastropódo *Neritina virgínea*. A densidade e a diversidade da macrofauna foram correlacionadas positivamente com a densidade de colmos da vegetação, indicando um possível papel da vegetação em proteção contra predação e o tamanho da marisma não apresentou efeito sobre a macrofauna bentônica.

Em uma avaliação da espaço-temporal na praia de Ajuruteua, Bragança, GOMES; ROSA FILHO (2009), encontram oito grupo de organismos representados por: Turbellaria, Nematoda, Tardigrada, Polychaeta, Oligochaeta, Acari, adultos e juvenis de Copepoda Harpacticoida, tendo como grupo dominante os nematodas. Os autores observaram uma clara zonação horizontal da fauna, onde o médio litoral apresentou os maiores valores de riqueza e abundância, as variações espaço-temporais da meiofauna foram a ação das ondas e das marés e as variações na salinidade da água.

Em transectos realizados na praia Ajuruteua-Bragança bimestralmente durante um ano, ROSA FILHO et al. (2009) identificaram 41 táxons, em oito filos (Cnidaria, Nemertea, Mollusca, Annelida, Arthropoda, Echinodermata, Bryozoa e Phoronida) tendo Annelida como dominante. Já a densidade e a riqueza aumentaram em direção ao mar e durante a estação seca. Também foi confirmado uma zonação faunística da praia em três zonas: zona intertidal elevada, zona intertidal média e zona intertidal menor.

BRAGA et al. (2011), objetivou descrever a composição e abundância da macroinfauna bentônica associada com marismas em 8 locais (Ilha de Algodoal, Bragança, Ilha de Canela, Curuçá, Marapanim, Marudá, Pirabas e Salinas) ao longo da costa do Pará, com amostragem realizada em novembro de 2007. Neste estudo observou-se o zoneamento vertical do macroinfauna e o baixo número de indivíduos e táxons em locais com sedimentos arenosos e curtos, vegetação esparsa, já a alta densidade, foi encontrada naqueles ambientes com sedimentos siltsosos, com maior teor de matéria orgânica e água, vegetação alta e densa. Bem como, o aumento do número de indivíduos e táxons foram associados com um gradiente geográfico na salinidade da água, o que aumenta de oeste para leste.

Com o objetivo de caracterizar a macrofauna e a meiofauna na parte norte da Ilha de Algodoal-Curuçá, ROSA FILHO et al. (2011) realizaram coletas na zona entre mares do litoral na Praia da Princesa, Praia do Farol e da Praia Caixa d'Água. Este autor relatou

que a meiofauna é composta principalmente de Nematoda (56%), Tardigrada (29%), e Turbelários (14%), já a macrofauna por 37 táxons com predominância de anelídeos. Afirmaram também, que a abundância e a riqueza aumentaram significativamente da praia da Princesa para a Caixa d'Água, onde o tamanho do grão médio e o grão fino foram os que mais relacionaram com fauna bentônica.

SILVA et al. (2011b), estudaram as associações macrobentônicas de fundos moles do estuário do rio Caeté (Bragança-PA) em duas ocasiões, maio/2005 (período chuvoso) e dezembro/2005 (período seco), em três regiões do estuário seguindo o gradiente de salinidade. Foram identificados 83 táxons pertencentes a seis filos, onde 47 táxons comuns a ambos os períodos de coleta, 15 restritos ao período chuvoso e 21 ao seco, com dominância dos anelídeos. No período chuvoso, riqueza e diversidade aumentam em direção à desembocadura, sendo máxima no estuário inferior. Por sua vez, no período seco os valores de todos os descritores foram máximos no estuário médio. As variações climáticas determinam modificações espaciais e temporais nos descritores composição específica, riqueza, densidade, diversidade e equitabilidade das associações macrobentônicas.

AVIZ et al. (2012), descrevem a variação espaço-temporal da estrutura das associações macrobentônicas de fundos inconsolidados no estuário do Guajará em Belém-Pa. Onde foram encontradas 26 taxas, onde Oligochaeta e Polychaeta alternaram na dominância, o primeiro grupo obteve maior abundância no período das chuvas, já o segundo no período considerado seco. As mudanças temporais encontradas na estrutura trófica foram associadas as concentrações de sais nos pontos.

No estuário do Guajará OLIVEIRA et al. (2013), determinou a composição isotópica do chumbo em oligoquetas Tubificinae, no poliqueta (*Namalycastis abiuma*) e nos sedimentos de fundo na baía do Guajará e rio Guamá. O autor observou que 75% dos organismos mostraram associação positiva com os sedimentos, permitindo dizer que tanto os oligoquetos, quanto os exemplares de *N. abiuma* podem registrar a assinatura isotópica do chumbo em seu habitat.

Ainda no contexto de estudos na Baía do Guajará e rio Guamá ROSA FILHO;AVIZ (2013), encontraram quase 99% de anelídeos em todas as amostras coletadas. A abundância e diversidade dos organismos foram significativamente maiores no período chuvoso, quando houve um aumento acentuado na abundância de Oligochaeta

e larvas de insetos, enquanto poliquetas predominaram durante a estação seca. Os resultados também indicaram que a estrutura das comunidades macrobênticas nesta baía estuarina são estruturados principalmente pela salinidade, e, secundariamente, por mudanças sazonais nas taxas de precipitação, que afetam as características da água e dos sedimentos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1.1. Histórico

O município de Vigia é um dos mais antigos do Pará. Os primeiros moradores foram os índios Tupinambás, que ergueram no local a aldeia Uruitá, entretanto, a colonização do território, só foi realizada entre os anos de 1645 e 1654. Nessa antiga aldeia, o governo colonial construiu um posto fiscal para proteger, fiscalizar e vigiar as embarcações que abasteciam Belém, evitando o contrabando. Foi à prática de vigiar do posto, que originou o nome do município (PARÁ, 2011).

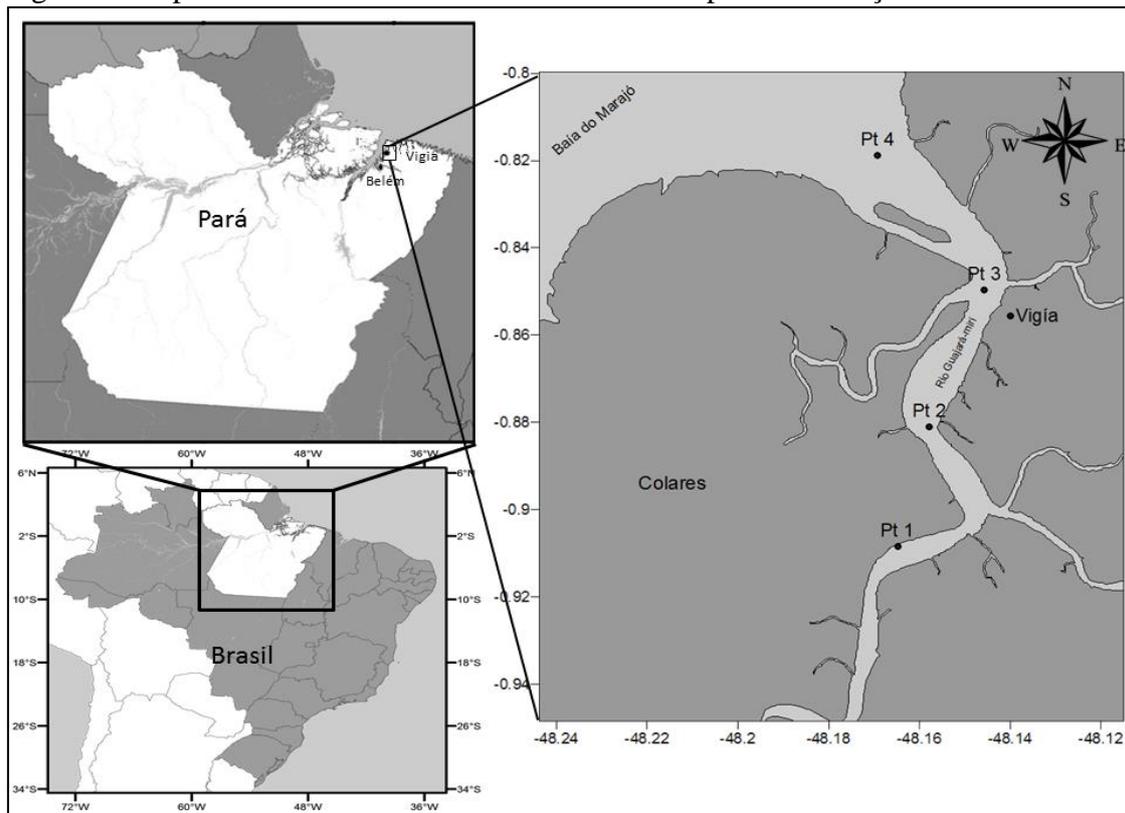
Alguns autores acreditam que Vigia seja a mais antiga de todas as cidades da Amazônia, tendo sido fundada por Francisco Caldeira Castelo Branco durante sua expedição de conquista do Grão-Pará, em 06 de janeiro de 1616, seis dias antes da fundação da cidade de Belém (PARÁ, 2011).

Vigia destaca-se, principalmente, pela atividade pesqueira onde a maior parte dessa produção é exportada para outros municípios, a outra porção é consumida pelos próprios moradores. O pescado também abastece os restaurantes, hotéis e barracas da cidade. A atividade pesqueira é predominantemente artesanal. Segundo Santos e Cruz (2007) a produção pesqueira de Vigia de Nazaré apresentou uma trajetória de crescimento da produção para o período de 1995 a 2004, em 2004, a quantidade de 22.223,50t de pescado correspondeu a 24,98% da produção estadual. Além da pesca, outra atividade de importância econômica no município é a extração do caranguejo (PARÁ, 2011).

4.1.2. Localização

Localizado na Mesorregião Nordeste Paraense e a Microrregião do Salgado o Município de Vigia (Figura 2) apresenta sua sede municipal as seguintes coordenadas geográficas: 00°51'12'' S e 48°08'41'' W. Fazendo se limite ao norte Ao Norte Oceano Atlântico e município de São Caetano de Odivelas, a leste municípios de São Caetano de Odivelas e Castanhal, ao sul com município de Santo Antônio do Tauá e a oeste com município de Colares e Baía do Marajó (PARÁ, 2011).

Figura 2: Mapa ilustrativo do local de coleta e suas respectivas estações.



Fonte – Do autor

4.1.3. Geologia e relevo

Como característica peculiar da Mesorregião a que pertence, Vigia não foge à regra da estrutura geológica dos Municípios das Zonas Bragantina, Salgado e Guajarina, onde ocorrem sedimentos do Terciário (Formação Barreiras), e do Quaternário Antigo e Recente. Este último é mais incidente na porção que se volta para o mar (baixadas semi-litorâneas) e, também, nos terraços e várzeas dos cursos d'água existentes. A compartimentação do relevo é apenas uma decorrência do modelo da estrutura geológica apresentada, constituída pelos tabuleiros ou baixos platôs pediplanados e rebaixados, localizados nas áreas da Formação Barreiras e pelos terraços e várzeas, que constituem os níveis mais baixos, inseridos na unidade morfoestrutural que constitui o Planalto Rebaixado da Amazônia (do Baixo Amazonas) (PARÁ, 2011).

4.1.4. Solos e topografia

No Município estão presentes manchas de Latossolo Amarelo distrófico, textura média, e Gley pouco úmido distrófico, textura argilosa. Também, há presença do Podzol Hidromórfico e do Latossolo Amarelo distrófico, textura média. Os valores altimétricos

medianos são inexpressivos, uma vez que o Município está localizado, praticamente, ao nível do mar, com a sede municipal apresenta valores em torno de 6m, havendo pequenos acréscimos de cotas mais para o sul de seu território (PARÁ, 2011).

4.1.5. Hidrografia

O furo da Laura ou Guajará-mirim ou La Vigia é o principal acidente hidrográfico do Município, fazendo limite a Leste com Vigia e, ao Sul, com Santo Antônio do Tauá, e tem como um dos principais tributários o rio Baiacu, para ele convergem vários rios e igarapés, onde se destacam Tauapará, Itajurá, Mariteua, Fazenda, Maracajá; além do furo Itaqueçaua. Ainda fazendo parte da rede hidrográfica, encontramos o rio Tupinambá e os igarapés Tauandeuá, Chácara, Arari, Boca Larga e outros que deságuam no Oceano Atlântico (PARÁ, 2011).

4.1.6. Vegetação

Presença de mata secundária, de porte mais ou menos elevado, capoeiras e alguns remanescentes da vegetação do cerrado. Atualmente, o predominante da cobertura vegetal do município é de Florestas Secundárias, consequência dos desmatamentos ocorridos com grande intensidade e extensão, cujo objetivo foi o cultivo de espécies agrícolas de ciclo curto. Com isso, praticamente, pouco restou da floresta primitiva que é do subtipo Floresta Densa dos baixos platôs. A cobertura vegetal em torno do rio Guajará-mirim é composta por bosques de mangue, com um misto de vegetação típica de terra firme. É importante também, no município a floresta de mangue *Rhizophora mangle* (Linnaeus, 1753) ou mangue vermelho e *Avicennia germinans* (Linnaeus, 1968) ou mangue preto predominante na região (RAMOS, 2007).

4.1.7. Clima

Segundo a classificação de Köppen (1928) o Município apresenta clima equatorial do tipo Af, caracterizada pelo clima tropical chuvoso, sem estação muito seca com a precipitação média do mês mais seco superior a 60mm. Apresenta temperaturas médias de 27° C, sendo dezembro o mês mais quente. A amplitude térmica é mínima e o clima é amenizado pela proximidade do oceano. A precipitação pluviométrica é relativamente elevada, com cerca de 2770mm. Os primeiros seis meses do ano são os mais chuvosos. Quanto à disponibilidade de água no solo, o excedente está entre os meses de fevereiro e

março, sendo que os de maior deficiência são os meses de setembro e outubro (PARÁ, 2011).

4.2. PROCEDIMENTO DE CAMPO

As amostragens da macrofauna bêntica foram realizadas bimestralmente, entre setembro de 2011 e julho de 2012, em quatro estações de coleta estabelecidas ao longo do estuário do rio Guajará-mirim. As coletas das amostras foram realizadas no patamar de maré baixamar para maré de préamar, durante a fase de marés de quadratura (lua minguante). Tais amostras foram realizadas na calha principal do rio com o auxílio de uma lancha motorizada e um pegador de fundo do tipo Ekman-Birge (0,0225 m²) (Figura 3), foram recolhidas quatro réplicas em cada estação de amostragem, das quais três réplicas foram destinadas ao estudo da macrofauna e uma réplica destinada para análises de sedimento (granulométrica e matéria orgânica). No final de cada campanha foram coletadas 12 amostras biológicas e 4 amostras para análises de sedimento, totalizando no final do estudo: 76 amostras biológicas e 24 amostras de sedimento.

Figura 3: Draga tipo Ekman-Birge.



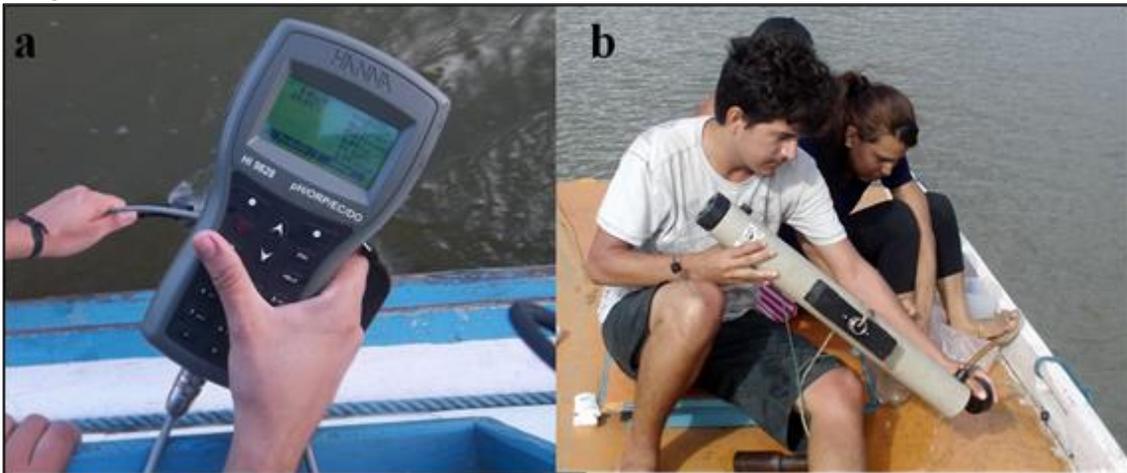
Fonte: Do Autor

As amostras da macrofauna foram pré lavadas *in situ* sobre peneira de malha de 0,5mm, acondicionadas em potes plásticos com formol a 4% (tamponado com bórax, para evitar a descalcificação dos moluscos) devidamente etiquetados, corados com rosa de bengala (para tornar mais eficiente à triagem e posterior identificação) e levadas até o laboratório do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH) da

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) para posterior identificação. As amostras de sedimento, foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas em um isopor com gelo até o laboratório do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) para realização das análises de caracterização do sedimento.

Foram aferidos pH, salinidade e temperatura *in situ* com o auxílio de um analisador multiparâmetros (HANNA modelo HI9828) (Figura 4A). As amostras de água foram coletadas em superfície, utilizando-se garrafa de van Dorn (Figura 4B). Posteriormente, levadas para análise no Laboratório de Química Ambiental (LQA) da Universidade Federal Rural da Amazônia, onde as amostras foram processadas adequadamente (filtradas, fixadas ou resfriadas) para análise de oxigênio dissolvido, nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), N-amoniacal (NH_4), fosfato (PO_4).

Figura 4: Medições de parâmetros ambientais com auxílio de uma sonda multiparâmetros HANNA (A) e coletas de águas com a garrafa tipo Van Dorn (B) no estuário do rio Guajará-mirim.



Fonte: Do Autor

4.3. PROCEDIMENTO DE LABORATÓRIO

4.3.1. Material biológico

Em laboratório, os organismos retidos na peneira de 0,5mm foram triados e quantificados com o auxílio de um microscópio estereoscópico da marca Zeiss (modelo Discovery.V8) (Figura 5) e identificados ao menor grupo taxonômico possível por meio de chaves de identificação especializada, bem como, o auxílio de um microscópio estereoscópico. Posteriormente as amostras foram acondicionadas em tubos eppendorfs contendo álcool 70% devidamente etiquetas.

Figura 5: Microscópio estereoscópico da marca Zeiss e modelo Discovery. V8



Fonte: Do autor

4.3.2. Determinação de matéria orgânica (M.O)

As amostras de sedimento foram secas em estufa a 60° C por 72 horas e depois pesadas 5g de cada amostra (em balança semi-analítica de precisão 0,0001). Em cadinhos de porcelana foram levadas à mufla a 550° C por quatro horas. Em seguida, as amostras foram novamente pesadas. O teor de matéria orgânica foi obtido através da formula abaixo.

$$\% M.O = \frac{[100(P_1 - P_2)]}{P_5}$$

Onde,

P_S = Peso do sedimento seco em gramas ($P_1 - P_0$).

P_0 = Peso do cadinho vazio em gramas.

P_1 = Peso do cadinho com o sedimento seco.

P_2 = Peso do cadinho com o sedimento após a incineração a 550°C.

% M.O = Matéria Orgânica.

4.3.3. Granulometria

A análise granulométrica das amostras de sedimentos foram realizadas na Universidade Federal do Pará - UFPA, no Laboratório de Oceanografia Química, baseado no método para granulometria a laser descrito por SILVA et al. (2011a).

Após a secagem e quarteamento das amostras, foram retiradas 0,10 g e transferidos para um erlenmeyer de 50mL, posteriormente foi adicionado 1mL de peróxido (Figura 6A) para remoção de resíduos orgânicos (carbonáticos) durante 24 horas.

Em seguida, as amostras foram transferidas para tubos de 15mL, onde foram aferidas com água deionizada e levadas para centrífuga QUIMIS (Figura 6B), a 3.000 rpm durante cinco minutos para separação e retirada do reagente e subprodutos da reação. Após a centrifugação foi feito o descarte do material sobrenadante. Este procedimento foi realizado duas vezes.

O objetivo principal do pré tratamento das amostras para análise granulométrica a laser é a eliminação total da matéria orgânica, que age em suspensão como a fração silte/argila, deslocando a distribuição granulométrica para estas frações (BOROTTI-FILHO, 2013).

Em seguida, foram adicionados novamente água deionizada nos tubos e levados ao agitador para homogeneização da amostra (Figura 7A). Após a homogeneização, as amostras foram transferidas para erlenmeyer de 50mL e levados novamente ao agitador por 10 segundos, conforme a figura 7B.

Figura 6: (A) Oxidação das amostras com peróxido; (B) Centrifugação das amostras em laboratório.



Fonte: Do Autor

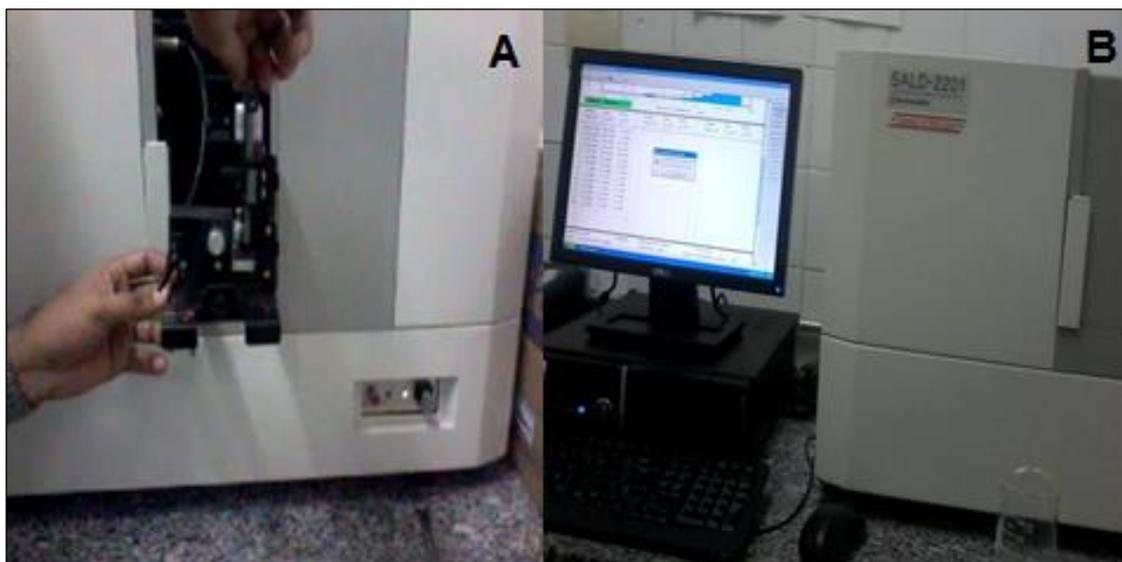
Figura 7: (A) Homogeneização das amostras em tubos e (B) no erlenmeyer.



Fonte: Do Autor

Realizadas todas as etapas de pré-tratamento das amostras, foi retirado 1mL da amostra com pipeta e submetida a análise granulométrica a laser no equipamento shimadzu, modelo SALD-2201 (Figura 8A e B).

Figura 8: (A) e (B) Análise granulométrica a laser no shimadzu, modelo SALD-2201.



Fonte: Do Autor

4.3.4. Análises dos dados

Para cada amostra foi calculado a densidade (indivíduo/m²); riqueza (número de táxons); abundância relativa (em porcentagem); equitabilidade (índice J' de Pielou) e diversidade (índice H' de Shannon–Log *e*).

As variáveis ambientais e biológicas foram testadas para verificar se suas distribuições foram normais a 5% utilizando um teste tipo W de Shapiro-Wilks (ZAR, 1996). Para as variáveis que não apresentaram distribuições normais, optou-se por utilizar o teste Hc (corrigido em função dos empates) de Kruskal-Wallis (análise de variância não paramétrica) e as comparações entre as medianas dos tratamentos foram feitas duas a duas através de um teste de Man-Whitney com correção de Bonferroni nos valores de p. Já as variáveis que apresentaram distribuição normal, foi utilizado o teste ANOVA one way com pós-teste de tukey. Estas análises foram realizadas a fim de identificar diferenças significativas sazonais (entre os meses de coleta) e espaciais (entre os pontos).

A análise de redundância (RDA) foi utilizada para verificar a fração de explicação das variáveis ambientais sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Antes da análise de redundância, os dados de densidade foram transformados de acordo com o método de Hellinger. A transformação de Hellinger é indicada para preservar a distância euclidiana entre as unidades amostrais em um espaço n-dimensional em Análises de Redundâncias (RDA), quando os dados apresentam muitos valores iguais a zero, uma

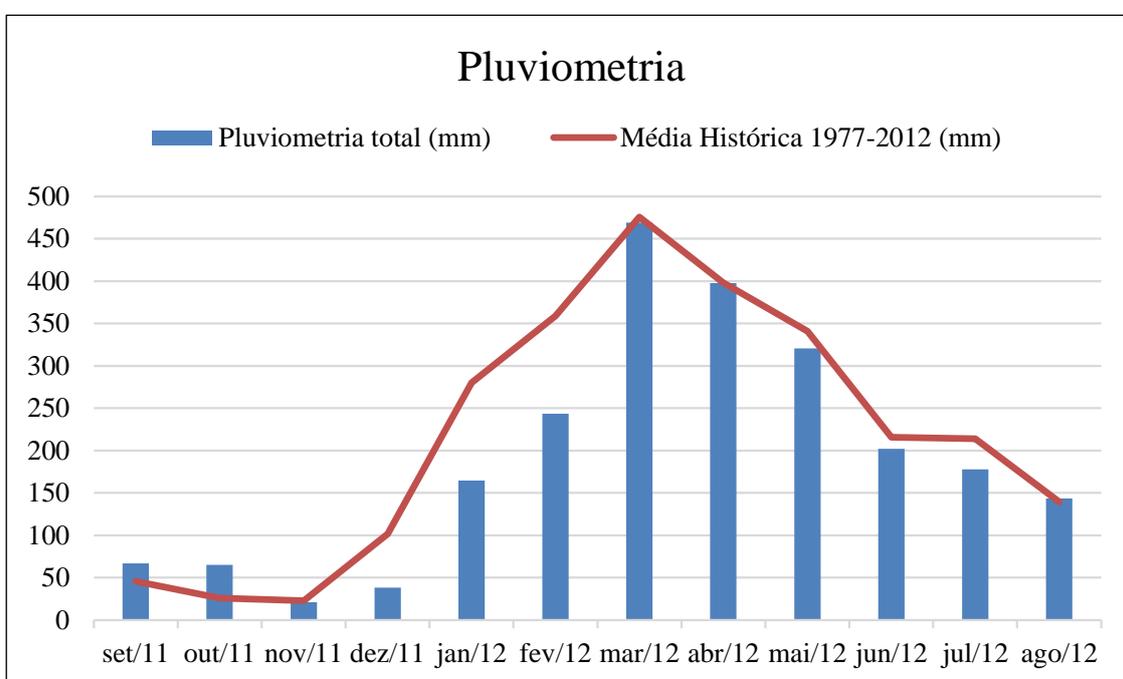
característica recorrente de matrizes biológicas (LEGENDRE;GALLAGHER, 2001; PERES-NETO et al., 2006). Os parâmetros estatísticos da granulometria foram calculados através do programa SYSGRAN 3.0 (CAMARGO, 1999).

5. RESULTADOS

6.1 DADOS ABIÓTICOS

A precipitação média de chuva, entre os anos de 1977 a 2012 no município de Vigia, apresentou padrão tipicamente amazônico com valores elevados de precipitação nos meses de fevereiro, março, abril e maio, caracterizando o período mais chuvoso da região, e os valores de menor precipitação foram registrados nos meses de setembro, outubro, novembro, caracterizando o período menos chuvoso (Figura 9). Os valores entre a precipitação total anual e a média histórica não houve diferença significativa ($F=0,179$; $p=0,6763$).

Figura 9: Precipitação pluviométrica total (setembro/2011-agosto/2012) e média mensal histórica para a região estudada (1977 a 2012).



Fonte: Dados da Agência Nacional das Águas (ANA, 2014).

Os parâmetros físico-químicas mensurados, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, nitrito, nitrato, fosfato, areia, silte e argila, ao longo do ano de coleta apresentaram diferença significativa somente sazonal. Já, profundidade apresentou significância apenas espacialmente, enquanto, N-amoniaco e matéria orgânica não apresentaram diferença significativa sazonal ou espacial (Tabela 1).

Tabela 1: Valores das análises dos testes Kruskal-Wallis e ANOVA, para as variáveis ambientais, entre os locais e as ocasiões de amostragem, no estuário do rio Guajará-Mirim.

Variável Ambiental	Sigla	Método	Variação Sazonal		Variação Espacial	
			Teste	p	Teste	p
Temperatura (°C)	Temp	KW	20,960	0,00082*	0,514	0,91580
Salinidade	Sal	KW	22,130	0,00049*	0,419	0,93640
pH	pH	A	48,560	0,00000*	0,019	0,99640
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	OD	A	8,643	0,00025*	0,544	0,65770
Nitrogênio Amoniacal (mg.L-1)	NH4	A	2,133	0,10800	0,322	0,80940
Nitrito (mg.L-1)	NO2	KW	19,930	0,00129*	0,227	0,97310
Nitrato (mg.L-1)	NO3	KW	21,960	0,00053*	0,099	0,99190
Fosfato (mg.L-1)	PO4	KW	3,182	0,03123*	0,880	0,46810
Profundidade (m)	Prof	KW	0,761	0,97940	20,410	0,00013*
Matéria Orgânica	MO	A	1,330	0,29620	1,326	0,29390
Areia	A	KW	11,030	0,05079*	0,847	0,83830
Silte	S	KW	11,270	0,04628*	1,487	0,68540
Argila	AR	KW	12,370	0,03005*	1,713	0,63400

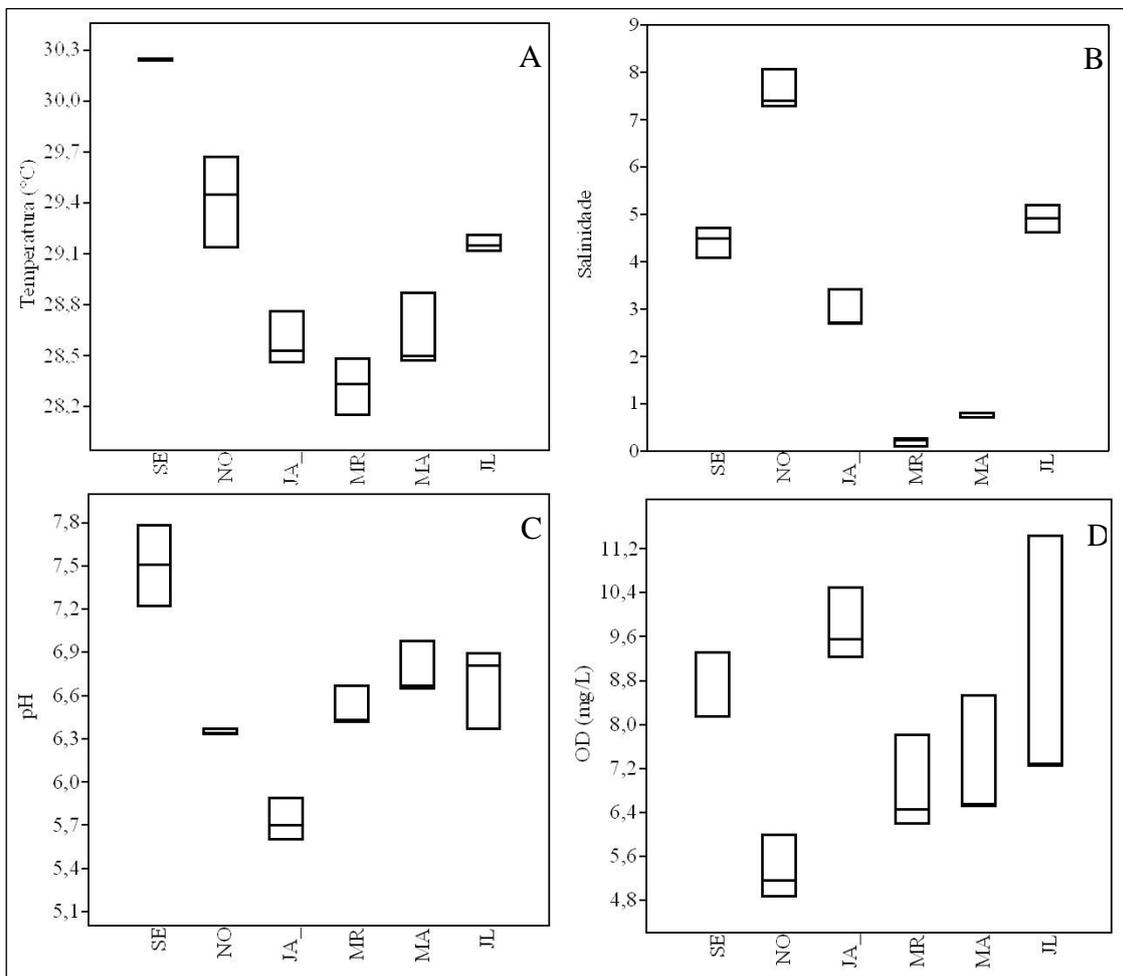
* Significativos a 0,05

A temperatura não apresentou grandes variações, exibindo uma amplitude temporal de apenas 2,1°C. Setembro com 30,25°C foi o mês com o máximo valor de temperatura e o mínimo registrado foi em março com valor de 28,15°C (Figura 10A).

Mostrando o mesmo padrão da temperatura, a salinidade também apresentou pouca variação ao longo do ciclo anual de coleta, nos meses mais chuvosos esta variável atingiu valores próximos a zero, já no período de menor pluviometria registrou-se os maiores valores, como em novembro que atingiu 8,06 de salinidade (Figura 10B).

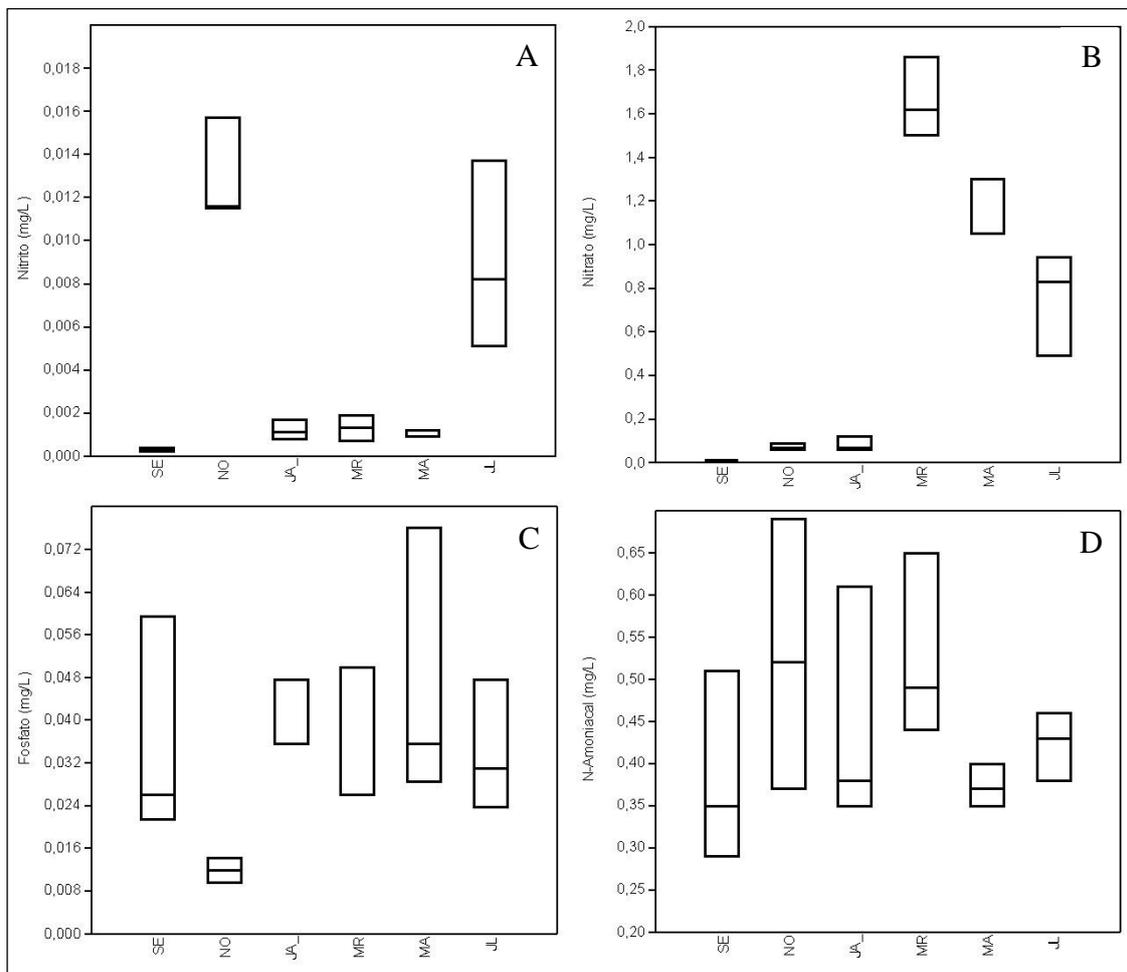
O pH manteve-se entre neutro e levemente ácido (7,78 e 5,60) durante todo os meses de coleta, sendo o mais alto durante o mês de setembro e o mais baixo valor em janeiro (Figura 10C). O oxigênio dissolvido não apresentou um padrão sazonal bem definido, altas taxas foram registradas nos meses de janeiro e julho, com máximo para este último de 11,44 mg.L⁻¹, e os menores valores ocorreram em novembro, com mínimo de 4,87 mg.L⁻¹ (Figura 10D).

Figura 10: Box-plot dos valores de (A) temperatura, (B) salinidade, (C) pH e (D) oxigênio dissolvido (OD) da água do estuário do rio Guajará-Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudo.



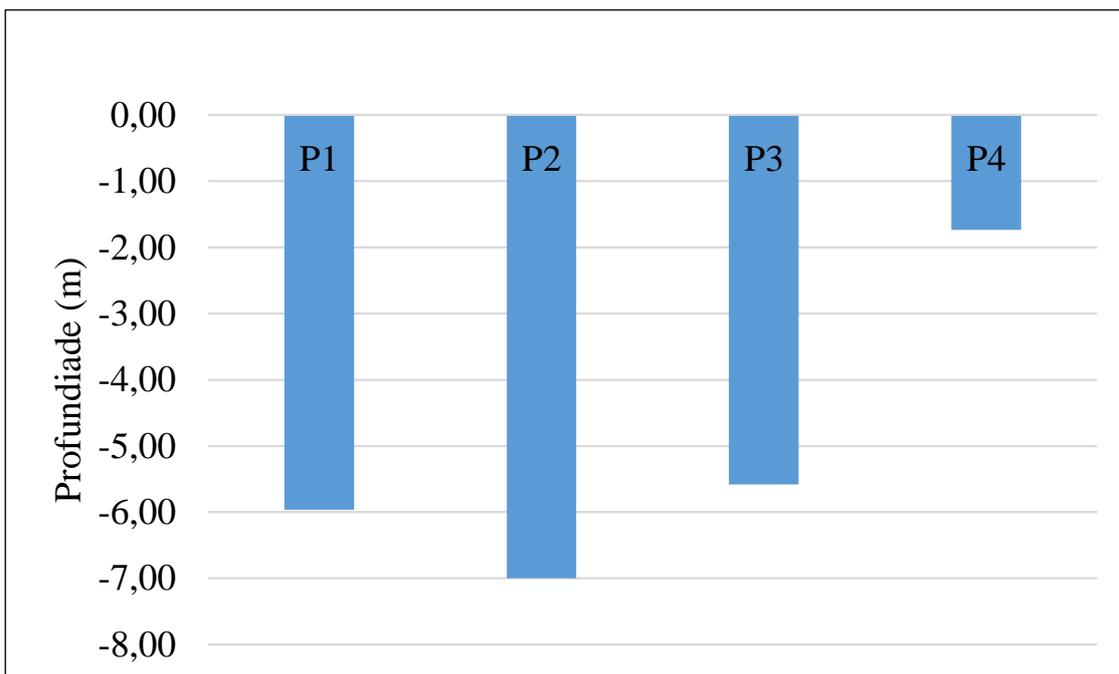
Os compostos nitrogenados apresentaram comportamento particular para cada forma (Figura 11). Nitrito teve discreta variação temporal, com valores muito baixo entre os meses coletados, ficando próximo a 0 em setembro e sendo levemente maior em novembro ($0,016 \text{ mg.L}^{-1}$). Nitrato apresentou maiores valores nos meses chuvosos ($1,86 \text{ mg.L}^{-1}$) e menores nos meses secos ($0,01 \text{ mg.L}^{-1}$). O N-amoniaco, por sua vez, registrou as maiores concentrações em novembro ($0,69 \text{ mg.L}^{-1}$) e menor valor em setembro com $0,29 \text{ mg.L}^{-1}$. Com concentrações entre $0,0095 \text{ mg.L}^{-1}$ em novembro e $0,0760 \text{ mg.L}^{-1}$ no mês de março, o fosfato não apresentou padrão sazonal claro.

Figura 11: Box-plot dos valores de (A) nitrito, (B) nitrato, (C) fosfatos e (D) N-amoniacal da água do estuário do rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudo.



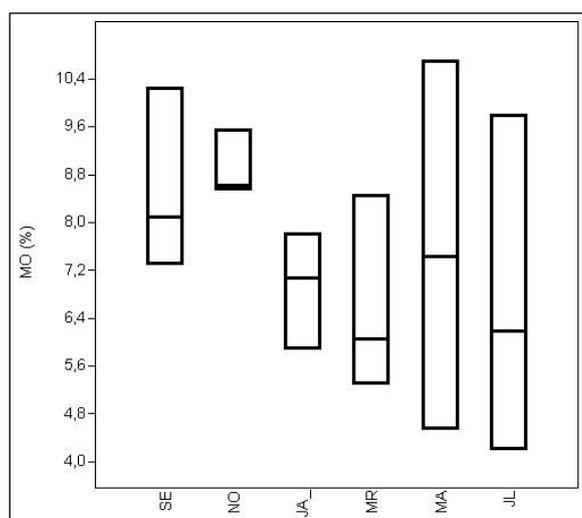
Como a profundidade apresentou significância apenas espacialmente, calculou-se as médias dos valores dessa variável em cada ponto de coleta e estão apresentadas na figura 12 abaixo. A maior profundidade média foi mensurada no P2 (7,00m) e a menor no P4 (1,73). Genericamente, os pontos mais internos (P1 e P2) apresentaram maiores profundidades em relação aos pontos situados na desembocadura do estuário do rio Guajará-Mirim (P3 e P4).

Figura 12: Profundidade média amostrada nos pontos de coleta ao longo do período de estudo.



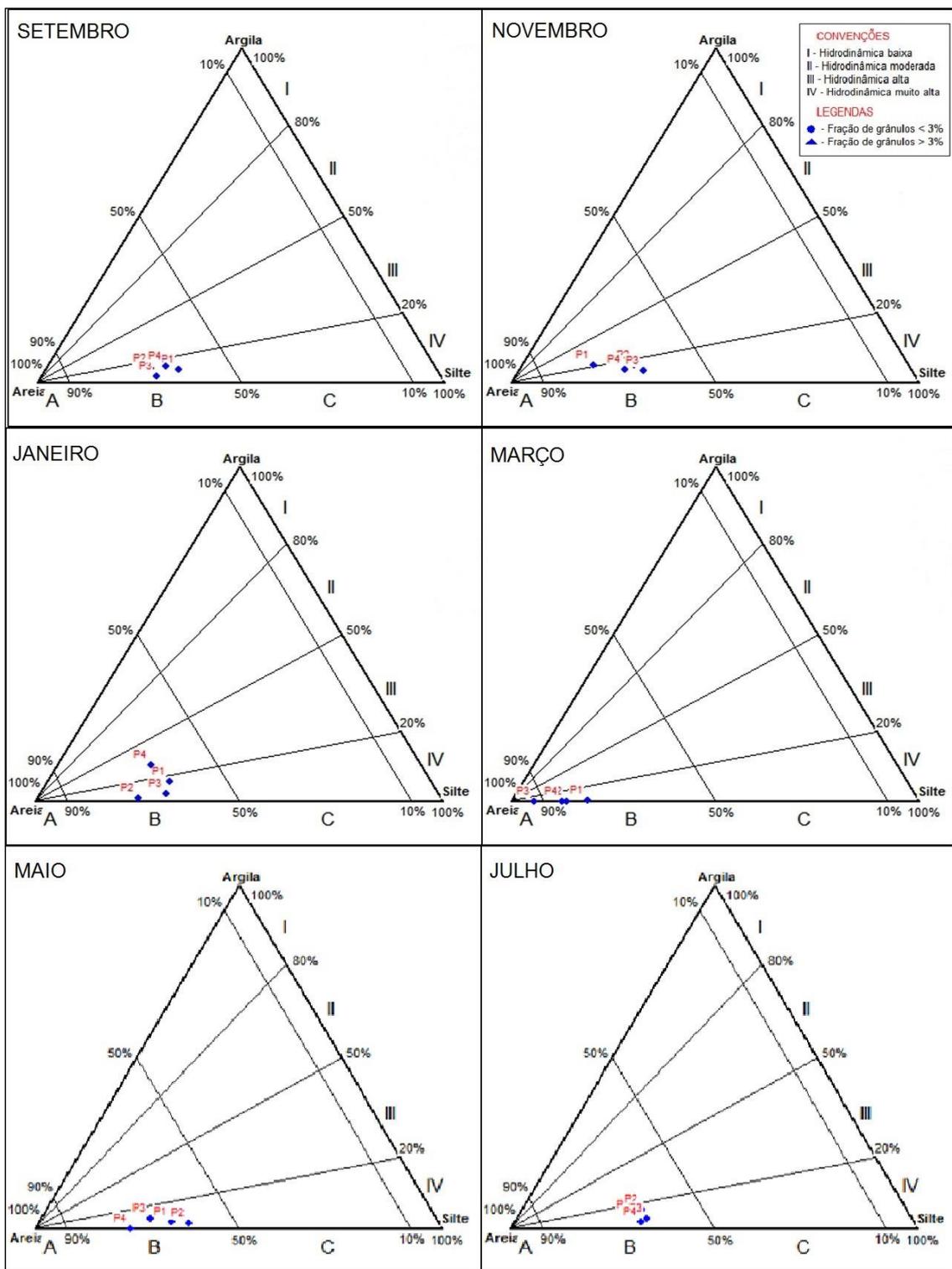
Os teores de matéria orgânica no sedimento, de modo geral, apresentaram concentrações medianas durante os meses coletados, como máximo de 10,71% e mínimo de 4,21%. Janeiro, maio e julho foram os meses com maiores teores e maior variações desse parâmetro (Figura 13).

Figura 13: Box-plot dos teores de matéria orgânica do sedimento no estuário do Rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudo.



Como apresentado no diagrama de Pejrup, o estuário do rio Guajará Mirim, foi classificado como hidrodinâmica muito alta em todos os períodos coletados. Com as proporções de areia, silte e argila nos pontos de coleta ao longo dos meses de amostragem, os parâmetros texturais do sedimento são apresentados na Figura 14. Observou-se predominância de areia siltica em praticamente todos os locais, durante todas as ocasiões de coleta, com proporção média superior de 60%, em março chegou a quase 90%. Já a proporção média de silte nos locais foi de 25%, sendo maior no período janeiro (33%) e no menor no período de março (13%). As proporções de argila foram sempre baixas em todas as ocasiões, com média de 4%.

Figura 14: Diagrama de Pejrup para as amostras de sedimento no estuário do Rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudos.



6.2 DADOS BIOLÓGICOS

Durante o período de estudo foram identificados um total de 3756 indivíduos, classificados em 33 táxons, com a presença de cinco filos: Annelida (11 táxons), Arthropoda (17 táxons), Mollusca (3 táxons), Nemertea (1 táxon) e Sipuncula (1 táxon). Destaque para as espécies de Polychaeta, *Mediomastus californiensis*, *Namalycastis abiuma* e *Nephtys fluviatilis*, que foram registrados em todos os períodos de coletas (Tabela 2).

Tabela 2: Lista geral de táxons identificados no estuário Rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), com indicação dos meses em que foram coletados.

TÁXONS	MESES DE AMOSTRAGEM					
	set/11	nov/11	jan/12	mar/12	mai/12	jul/12
<i>Dero sp.</i> (Oligochaeta, Annelida)		X	X	X	X	X
<i>Tubifex sp.</i> (Oligochaeta, Annelida)		X				
<i>Boccardia sp.</i> (Polychaeta, Annelida)						X
<i>Eteone sp.</i> (Polychaeta, Annelida)				X	X	
<i>Heteromastus sp.</i> (Polychaeta, Annelida)	X	X				
<i>Mediomastus californiense</i> (Polychaeta, Annelida)	X	X	X	X	X	X
<i>Namalycastis abiuma</i> (Polychaeta, Annelida)	X	X	X	X	X	X
<i>Neanthes succinea</i> (Polychaeta, Annelida)		X				
<i>Nephtys fluviatilis</i> (Polychaeta, Annelida)	X	X	X	X	X	X
<i>Nephtys hombergi</i> (Polychaeta, Annelida)						X
<i>Nephtys simoni</i> (Polychaeta, Annelida)			X			
Acari (Arthropoda)					X	
Amphipoda (Arthropoda)		X				X
Brachiura* (Arthropoda)	X					
Brachiura** (Arthropoda)		X				
Cirripedia (Arthropoda)	X	X				
<i>Ergasilus sp.</i> (Copepoda, Arthropoda)		X			X	
<i>Bosmina hagmanni</i> (Copepoda, Arthropoda)	X					
<i>Pseudodiaptomus richardi</i> (Copepoda, Arthropoda)	X				X	X
<i>Pseudodiaptomus gracilis</i> (Copepoda, Arthropoda)		X			X	
<i>Pseudodiaptomus acutus</i> (Copepoda, Arthropoda)	X	X		X	X	X
<i>Pseudodiaptomus mashi</i> (Copepoda, Arthropoda)					X	
<i>Oithona nana</i> (Copepoda, Arthropoda)	X					
<i>Diastylis sp.</i> (Copepoda, Arthropoda)			X	X	X	X
<i>Callinectes bocourti</i> (Copepoda, Arthropoda)		X				
Decapoda (Arthropoda)					X	
Chironomidae (Insecta, Arthropoda)		X				
Ostracoda (Arthropoda)		X	X			
<i>Donax sp.</i> (Bivalvia, Mollusca)						X
Bivalvia (Mollusca)	X	X	X		X	X
Gatropoda (Mollusca)					X	X
Nemertea	X	X	X		X	X
Sipuncula	X	X				X

*Larva zoea, **Larvar megalopa

Arthropoda e Annelida foram os filos dominantes durante o período de estudo. Nos meses de setembro (46%), novembro (48%) e maio (50%) o filo Arthropoda foi mais representativo, já em janeiro (50%), março (71%) e junho (40%), os anelídeos foram quem obtiveram maior participação entre os filos. Com exceção da participação relativa do filo Mollusca, com 13% e 20% nos meses de maio e julho respectivamente, os demais filos foram muito pouco representativos em todas as ocasiões (Figura 15).

Figura 15: Participação relativa dos filos na macrofauna total do estuário Rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), durante os meses de coleta.

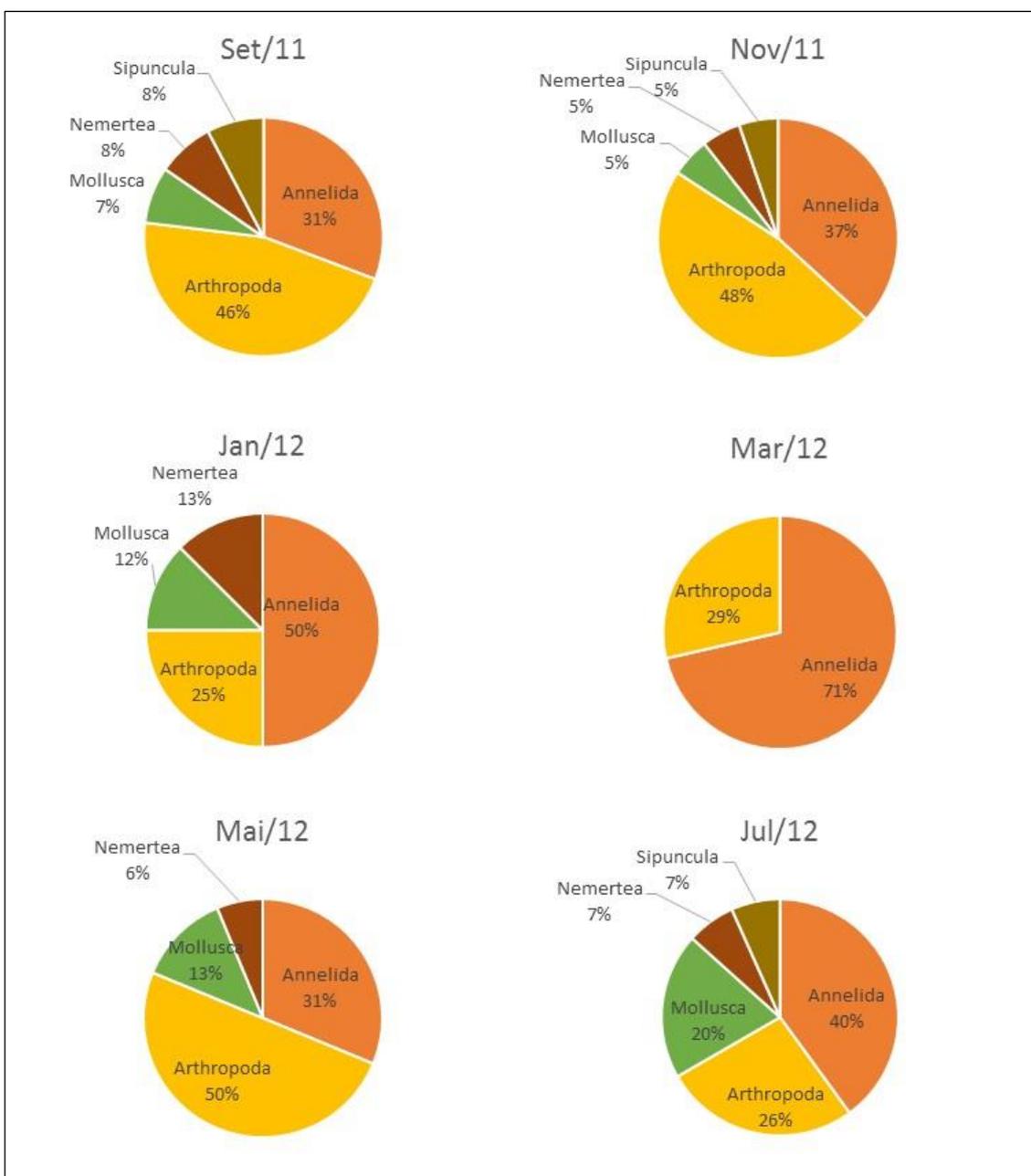
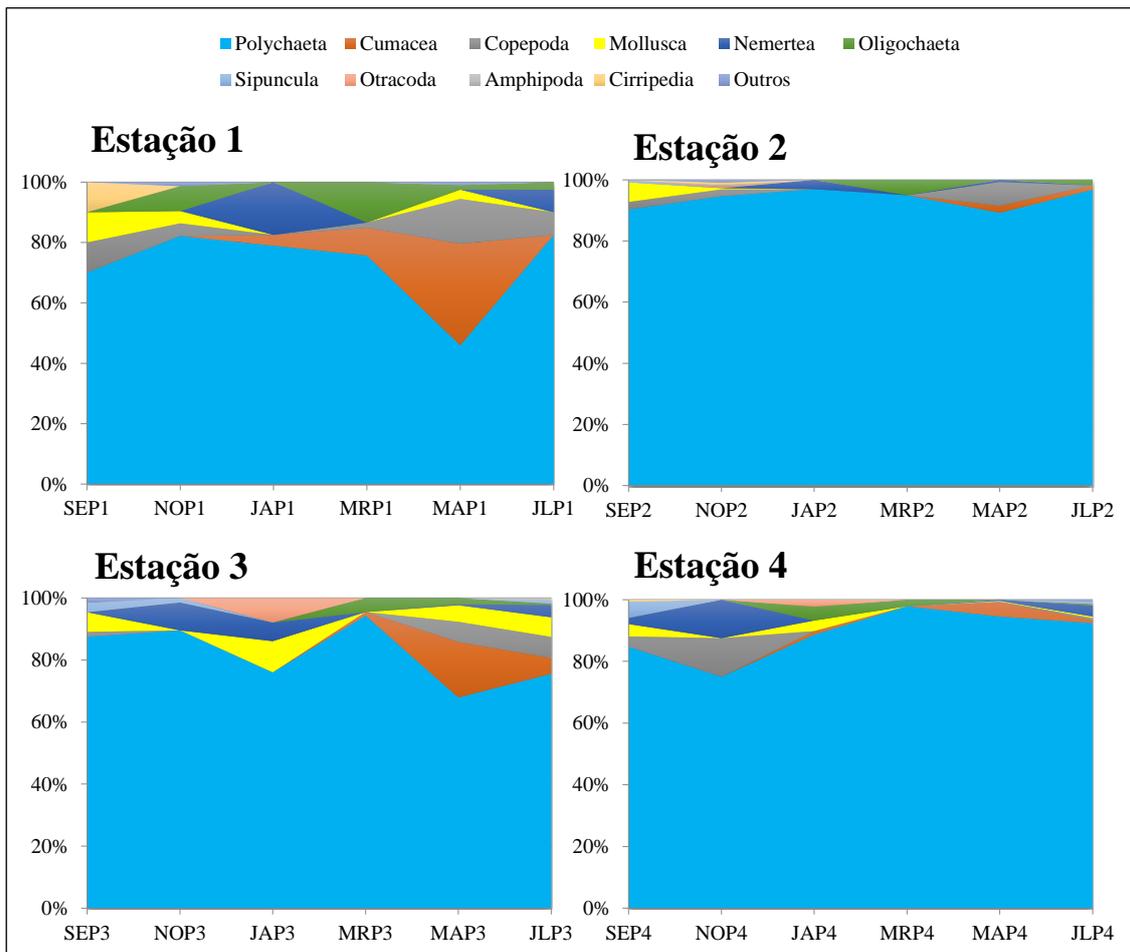


Figura 17: Abundância relativa dos principais grupos taxonômicos da macrofauna total do estuário rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), em cada estação durante os meses de coleta.



Comprovando ainda mais a dominância dos Polychaetas, foram feitos gráficos de abundância relativa para os principais táxons desse grupo. A espécie *Mediomastus californiensis*, foi dominante nos meses de novembro e janeiro, neste último mês, observa-se um crescimento da abundância de *M. californiensis* em direção a foz do estuário. Esta espécie, foi ainda quem obteve maior abundância na estação 4 durante todo o período de coleta.

Namalycastis abiuma, foi a espécie mais abundante em maio, já nos meses de novembro e janeiro foi pouco participativa. *Nephtys fluviatilis*, manteve-se participativo em todos os meses de coleta, com exceção do mês março quanto sua abundância foi em média de 7% (Figura 18). Nos meses de setembro e julho, houve alternância na dominância da espécie em relação aos pontos de coletas, *N. abiuma* foi a mais abundante no P2 em novembro e P1e P2 no mês de julho, nos pontos P2, P4 de setembro e P4 de

junho, a espécie dominante foi *M. californiensis* e *N. fluviatilis* foi dominante no P3 de setembro e julho (Figura 19).

Figura 18: Abundância relativa dos principais táxons da macrofauna total de Polychaeta do estuário rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), durante os meses de coleta.

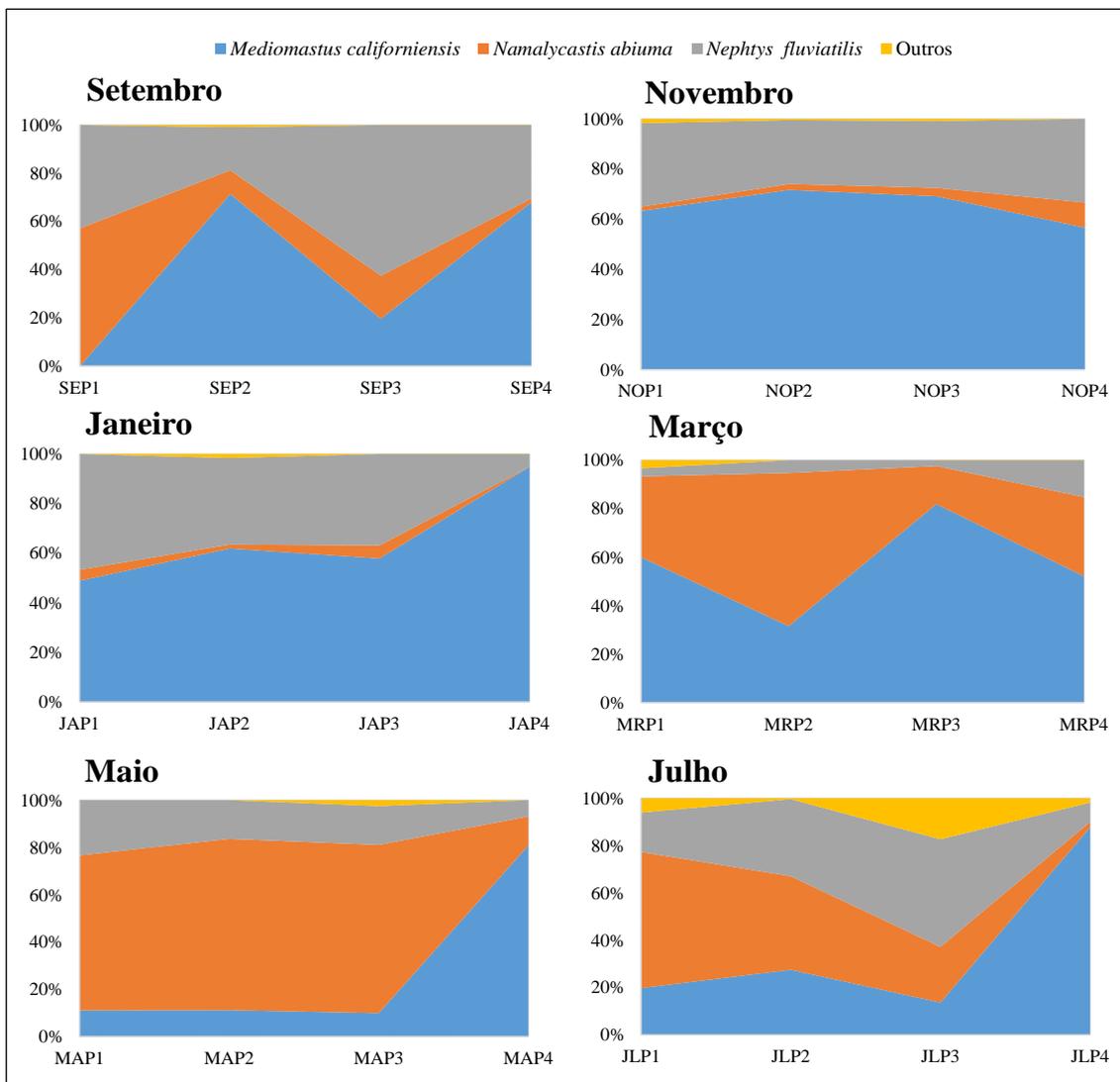
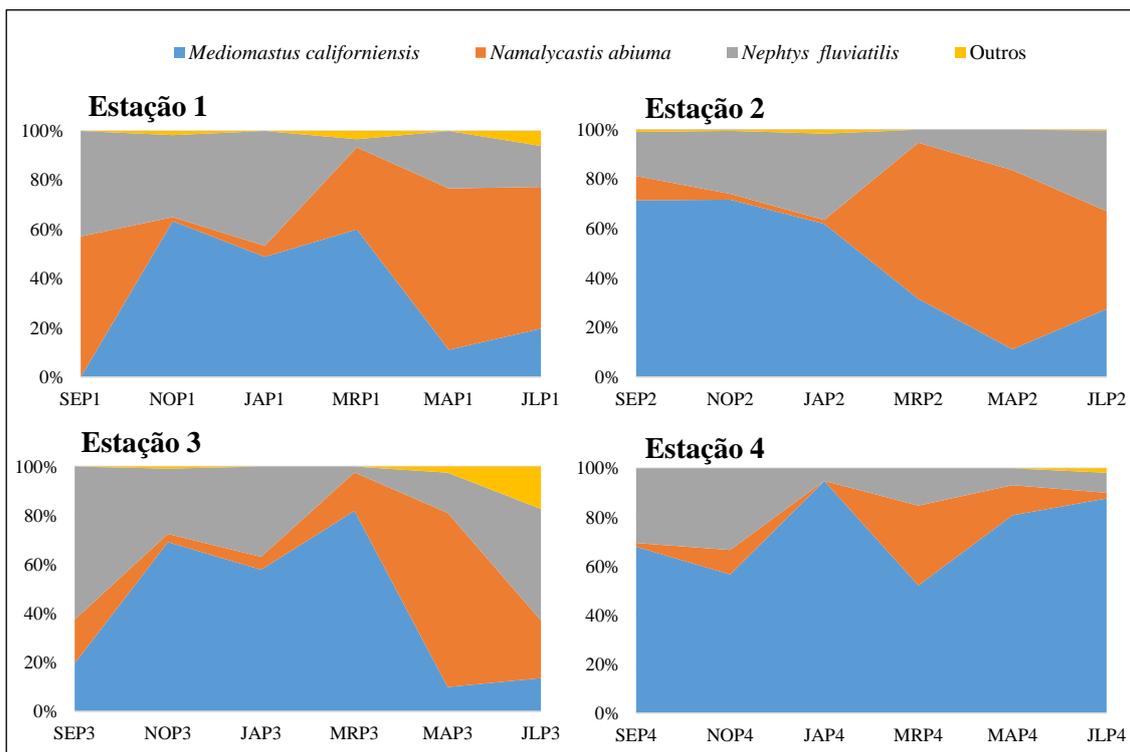


Figura 19: Abundância relativa dos principais táxons da macrofauna total de Polychaeta do estuário rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), em cada estação durante os meses de coleta.



A variação da densidade total e a riqueza total durante o ciclo anual de coleta, não apresentaram diferença significativa sazonal, porém mostrou ser significativa entre os pontos amostrados (Tabela 3).

Tabela 3: Valores das análises dos testes Kruskal-Wallis e ANOVA, para densidade total, riqueza total, diversidade de Shannon e equitabilidade Pielou, entre os locais e as ocasiões de amostragem, no estuário do rio Guajará-Mirim.

Variável Biológica	Sigla	Método	Variação Sazonal		Variação Espacial	
			Teste	p	Teste	p
Densidade Total	DET	A	0,200	0,95810	3,498	0,03457*
Riqueza Total	RIT	A	0,699	0,63150	4,040	0,02132*
Diversidade de Shannon	DIS	KW	11,650	0,03987*	2,085	0,55490
Equitabilidade de Pielou	EQP	KW	11,000	0,05131*	0,932	0,81780

* Significativos a 0,05

A densidade total da macrofauna no estuário do rio Guajará-Miri, apresentou para variação sazonal valor mínimo no mês de janeiro de 7.703 ind.m⁻² e máximo de 35.911 ind.m⁻² no mês de julho (Figura 20). Já entre os pontos de coletas, a maior densidade foi mensurada em maio no P4 (15.052 ind.m⁻²) e a menor em setembro no P1 com 444 ind.m⁻². Para o mês de março, observa-se um ligeiro decréscimo na densidade dos organismos

no sentido à foz do estuário, em julho nota-se o inverso, ou seja, a densidade diminui em direção aos pontos mais internos do ambiente estuarino em estudo (Figura 21).

Em relação a densidade só de Polychaeta, a espécie *M. californiensis*, foi a mais densa em todos os meses amostrados, este táxon chegou a atingir máximo valor de 7.022 ind.m⁻² no mês de julho. *N. abiuma* foi a segunda espécie mais densa em apenas duas ocasiões de coletas, nos meses de maior pluviosidade, março e maio com densidades de 1.570 ind.m⁻² e 5.111 ind.m⁻² respectivamente. Nos demais períodos de coletas a espécie *N. fluviatilis* seguiu sendo a segunda espécie de maior densidade. O grupo Outros foi formado pelos Polychaeta *Boccardia sp.*, *Eteone sp.*, *Heteromastus sp.*, *Neanthes succinea*, *Nephtys hombergi* e *Nephtys simoni* por apresentaram baixas densidades de pouca ocorrência (Figura 22).

Foram identificados 33 táxons para todo o período de coleta no estuário do rio Guajará-Mirim. A maior riqueza foi registrada em novembro e a menor em março com 19 e 7 táxons identificados respectivamente (Figura 20). De modo geral, a riqueza foi maior nos meses menos chuvoso em relação aos meses aos do período chuvoso, com exceção de maio quanto para este mês identificou-se 16 táxons.

Figura 20: Densidade total e riqueza total da macrofauna bentônica identificada no estuário do rio Guajará-Mirim, durante os meses de coletas.

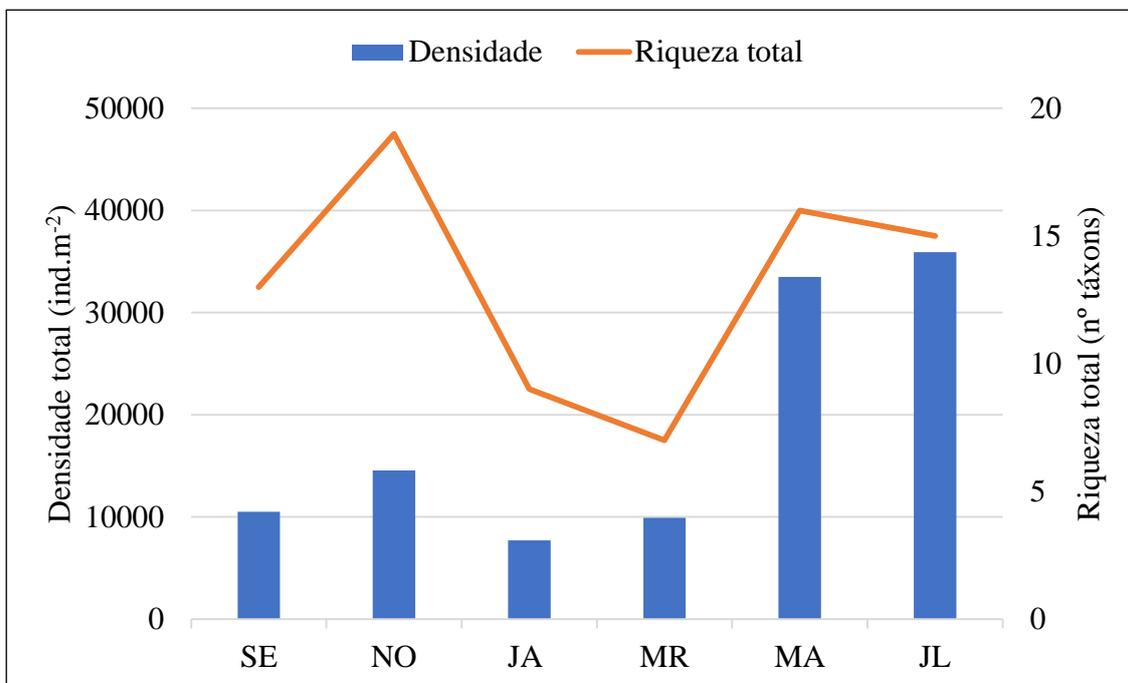


Figura 21: Densidade total da macrofauna bentônica identificada no estuário do rio Guajará-Mirim (Vigia-Pará), em cada ponto de coleta durante o período de estudo.

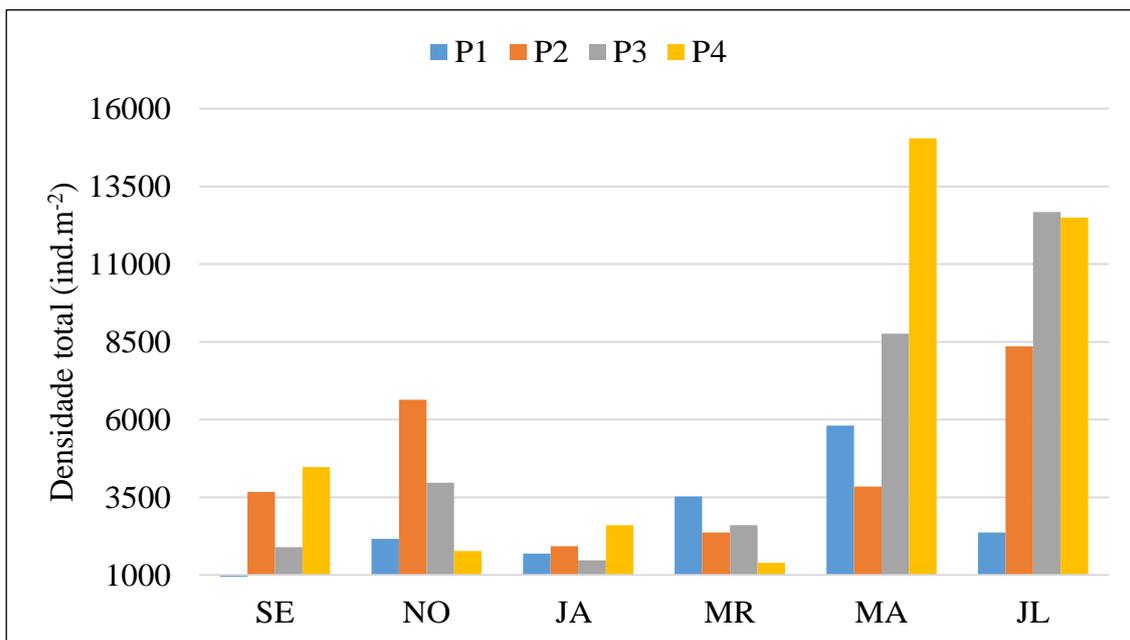
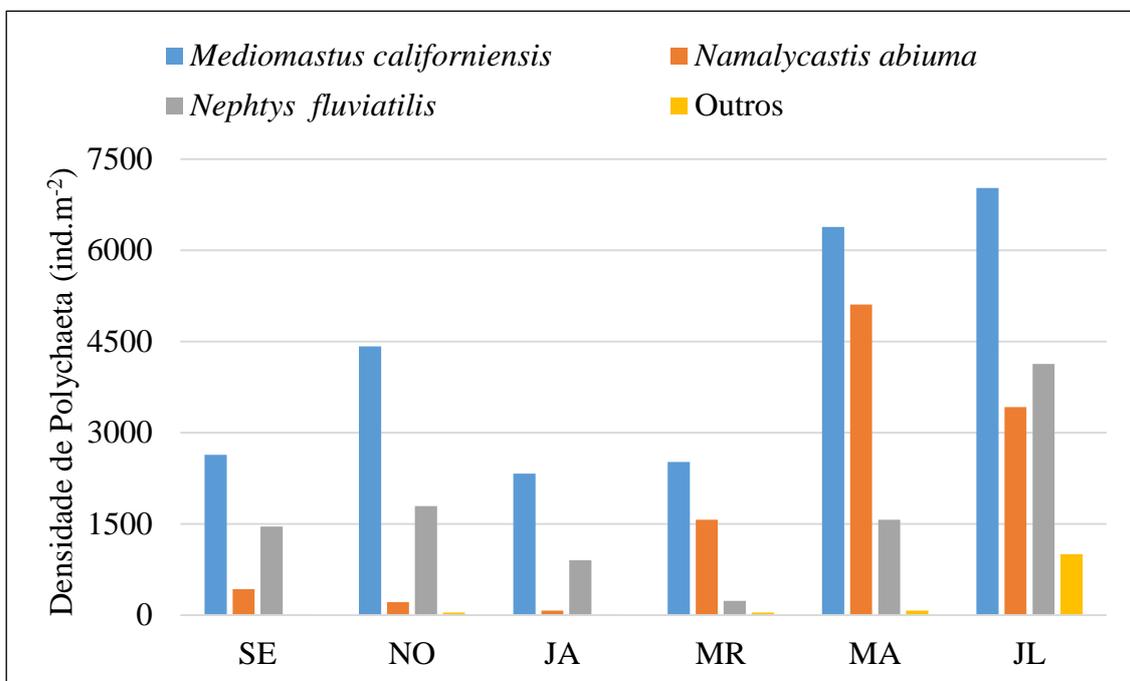
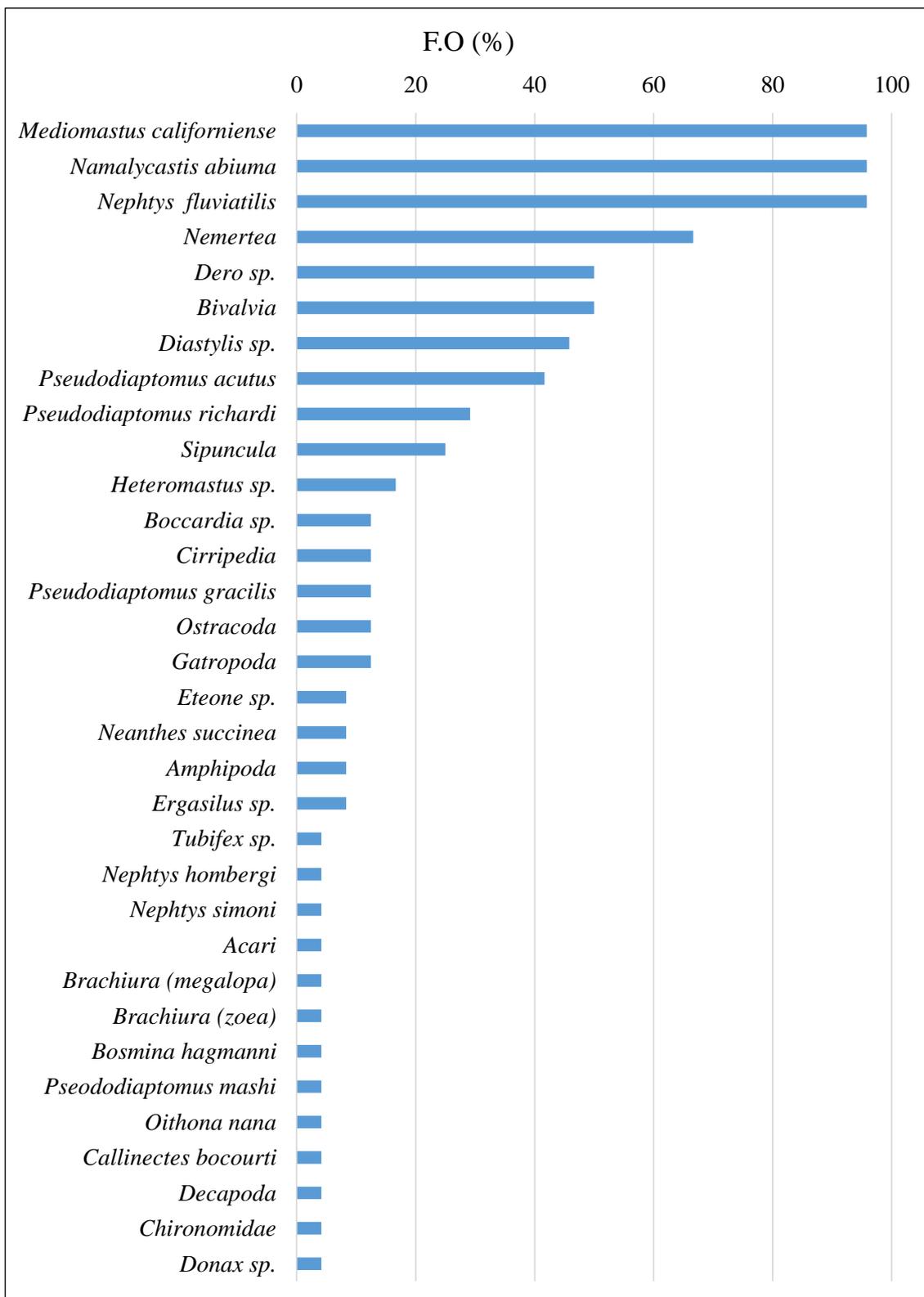


Figura 22: Densidade dos principais táxons da macrofauna total de Polychaeta do estuário rio Guajará Mirim (Vigia-Pará), durante os meses de coleta.



Durante o período de amostragem as espécies que alcançaram frequências acima de 70% (muito frequentes) foram os Polychaetas *Mediomastus californiensis*, *Namalycastis abiuma* e *Nephtys fluviatilis*. Classificados como frequentes (70% - 40%) estão os táxons Nemertea, *Dero sp.*, Bivalvia, *Diastylis sp.* e *Pseudodiptomus acutus*. Como pouco frequente (40% - 10%) oito taxas (*Pseudodiptomus richardi*, Sipuncula, *Heteromastus sp.*, *Boccardia sp.*, Cirripedia, *Pseudodiptomus gracilis*, Ostracoda e Gatropoda). Quanto aos demais organismos da macrofauna bentônica foram considerados como esporádicos ($\leq 10\%$) (Figura 23).

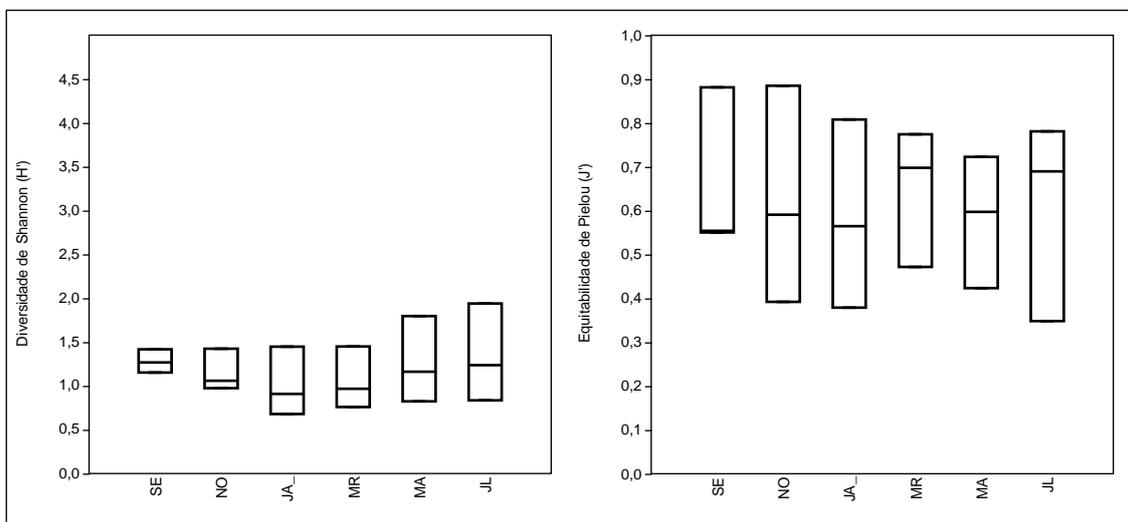
Figura 23: Frequência de ocorrência das espécies da macrofauna encontradas no estuário Guajará-mirim, durante o período de estudo.



Os descritores biológicos, diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J'), apresentaram diferença significativa apenas sazonal (Tabela 3). A diversidade do estuário do rio Guajará-mirim variou entre 0,68 e 1,94, observa-se uma leve queda na diversidade de setembro até maio e a partir de março volta a crescer com pico em julho (Figura 24). Esses baixos valores de diversidade caracterizam o ambiente como de baixa diversidade.

A equitabilidade, apresentou medianas acima de 0,50 ao longo das amostragens sazonal, destaque para o valor de 0,73 em julho (Figura 24). Esses valores de equitabilidade indicam que os táxons estiveram uniformidade na sua distribuição nesse ambiente.

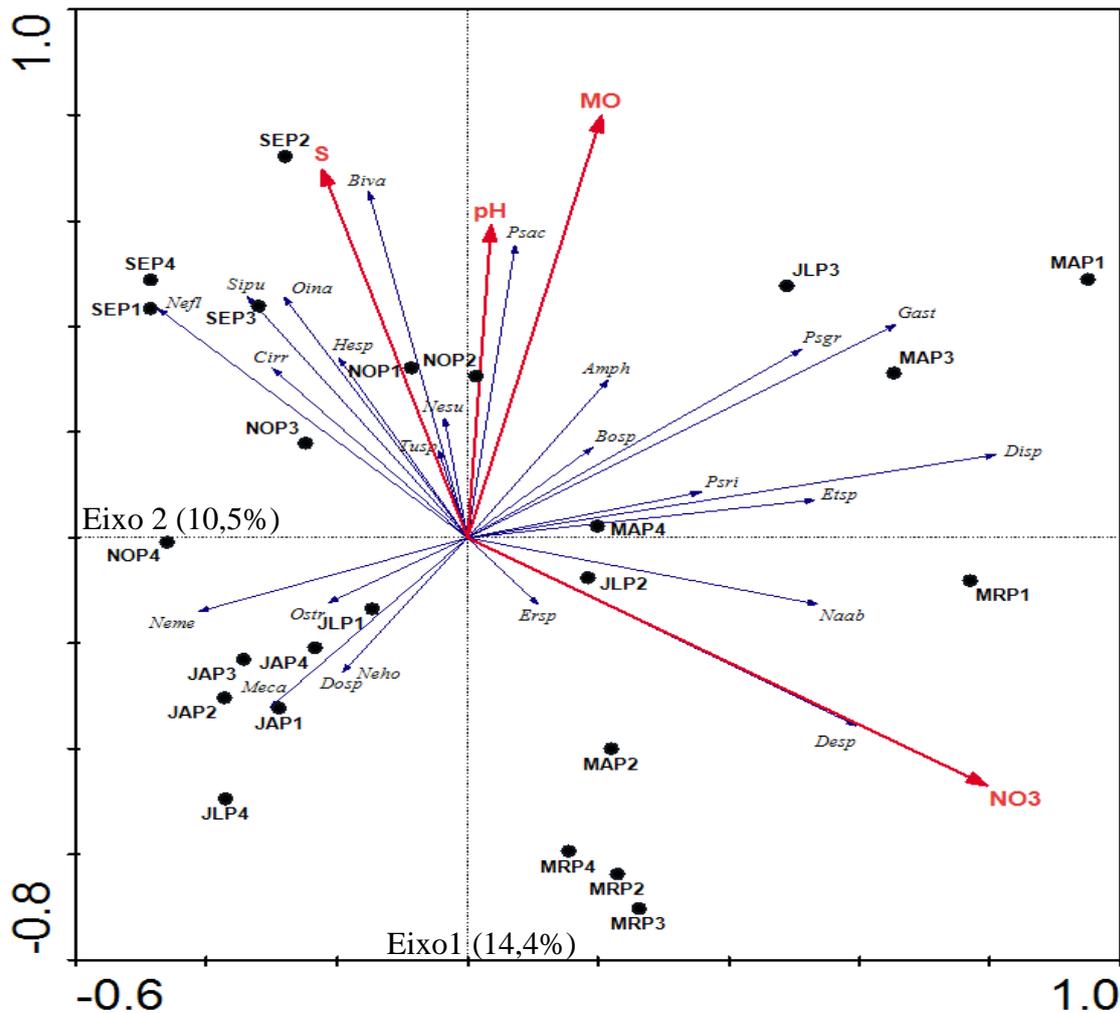
Figura 24: Box-plot do índice de diversidade Shannon (H') e equitabilidade Pielou (J') da macrofauna no estuário do rio Guajará-Mirim (Vigia-Pará), nos meses de estudo.



A Análise de Redundância Canônica (RDA), utilizando os dados de água, sedimento e biológicos, mostrou que o eixo 1 explica 14,4% da variabilidade nos dados, enquanto que o eixo 2, 10,5%. Maiores concentrações de silte ocorrendo nos meses de menor pluviometria e maiores salinidades (setembro e janeiro), foram fortemente relacionadas como maiores densidades de bivalves (*Biva.*), *N. fluviatilis* (*Nefl.*), Cirripedia (*cirr.*), Sipuncula (*Sipu.*) e *Oithona nana* (*Oina*). O eixo 1 apresentou correlação positiva com nitrato (NO_3), enquanto o eixo 2 esteve correlacionado com maiores valores de pH e matéria orgânica (MO). Nota-se também que as estações de março e maio, meses de maior precipitação, estão relacionadas às maiores concentrações de NO_3 e maiores densidades das espécies *Dero sp.* (*Desp.*) e *N. abiuma* (*Naab.*),

enquanto que estação de meses intermediários de precipitação, como janeiro e julho, indicam menores influências das variáveis ambientais sobre a comunidade de macroinvertebrados (Figura 25).

Figura 25: Análise de componentes principais (RDA), dos parâmetros ambientais e as principais espécies da macrofauna, relacionado com a sazonalidade e com pontos de coleta no estuário do rio Guajará-Mirim no município de Vigia-Pará.



6. DISCUSSÃO

Os estuário Amazônico apresentam variações sazonais de origem física, química e biológica em função do ciclo pluviométrico da região (RAMOS, 2007). Apesar de se observar uma estabilidade térmica ao longo do período de estudo, fica claro o padrão sazonal para a região, onde, nos meses de menor precipitação registra-se os maiores valores de temperatura e no período chuvoso menores valores para esta variável. O estuário do Guajará-Mirim, assim como os estuários da região Norte do Brasil, não fogem

a essa regra, onde, a elevada precipitação durante os meses chuvosos aumentam o escoamento e os valores de salinidade tendem a serem menores. Em contraste, temperaturas altas e taxas de precipitação baixas favorecem a intrusão de água marinha na região estuarina, resultando em valores de salinidade mais elevados, modificando assim, os parâmetros físico-químicos e biológicos do estuário, como observado neste estudo.

RAMOS (2007), em trabalho realizado no mesmo estuário do rio Guajará-mirim, registrou amplitude térmica de apenas 1°C, pH (entre 7,0 e 9,0), salinidade (entre 0,27 e 8,20) e oxigênio dissolvido (entre 2,53 e 6,50 mg/L⁻¹), este autor destaca a precipitação como possível regulador dos processos físicos, químicos e biológicos. Mesma constatação foi ressaltada por AVIZ et al. (2012) estuando o estuário do Guajará, quando encontrou para variações sazonais de temperatura (30,5 e 32,5°C), pH ácido (5,1 e 6,7), baixa salinidade e pouca transparência, atribuindo esses valores principalmente, aos padrões sazonais de precipitação pluviométrica e de descargas fluviais da região.

Os valores dos parâmetros para pH, oxigênio dissolvido (OD) e nitrito (NO₂), obtidos neste estuário do estuário do rio Guajará-mirim, estiveram em conformidade com o estabelecido pela Resolução do CONAMA (2005), para águas salobras de classe 1. Por outro lado, nitrato (NO₃) e N-amoniacal, ficaram acima do permitido por esta resolução.

As concentrações mais elevadas de nitrato no período chuvoso, pode estar associada com a pluviometria e lixiviação, ocasionada por ação das fortes chuvas nesse período, que carrega esse nutriente para os corpos adjacentes e para a calha principal do estuário, mesmo fato observado por BASTOS et al. (2005) estudando o estuário do rio Una Pernambuco. Já os valores altos de N-amoniacal durante todo o período de amostragem, sugere haver uma descarga desse nutriente oriunda de esgoto doméstico e/ou poluição por resíduos industriais, como sugere FIUZA et al. (2010).

Outro parâmetro importante dentro da dinâmica do ecossistema estuarino é a porcentagem de matéria orgânica (MO) no sedimento. Neste trabalho a MO não apresentou variação significativa para o período sazonal nem espacial, porém os teores obtidos, corroboram com os valores encontrados por VASCONCELOS et al. (2004) e NETTO;PEREIRA (2009), e abaixo dos encontrados por OURIVES et al. (2011). Para PAULA et al. (2006), as concentrações de matéria orgânica são afetadas pelo grande fluxo

de água e as fortes correntes, característicos de região dominada por regime de macromarés, como observado em estuários na região amazônica.

O estuário do rio Guajará-mirim, caracterizou-se como de baixa salinidade durante todo o ciclo anual de coleta, no entanto, a comunidade da macrofauna benthica foi típica de estuário tropicais com elevadas variações de salinidades, constituída basicamente por artrópodes, anelídeos e moluscos. Autores como KAISER et al. (2011); PRENDLE (2009) e ROSA FILHO et al. (2006), afirmam que em estuários tropicais a macrofauna bentônica é composta, principalmente por Crustáceos e Poliquetas. Para estes autores, principalmente para poliquetas, tal dominância deve-se a uma série de características do grupo, como: tolerância a bruscas variações de salinidade; capacidade de sobreviver em ambientes pobres em oxigênio, o que comumente ocorre em substratos lamosos estuarinos.

As elevadas abundâncias dos anelídeos nos períodos de maior pluviometria, em especial de Polychaeta (*N. abiuma*, *N. fluviatilis* e *M. californiensis*), em todos os períodos de coletas e o aparecimento do Oligochaeta (*Dero sp.*), comumente encontrado em sistemas dulcícolas ou de domínio fluvial, sugeriu que a composição combinada da macrofauna é um reflexo da grande influência das altas descargas fluviais sobre o estuário Guajará-mirim.

Neste trabalho registrou-se 33 táxons de riqueza total, porém se comparado com trabalhos em outras partes do globo, estes números de riqueza são abaixo dos valores descritos por LUO et al. (2013), JOSEFSON;GÖKE (2013), SOKOŁOWSKI et al. (2012), estes autores citam respectivamente 95, 279 e 499. Levando-se em consideração que, nas regiões citadas há períodos sazonais bem definidos, bem como, diferença na metodologia e esforços amostrais empregados por esses autores, ainda assim fica evidente a baixa riqueza encontrada no estuário do rio Guajará-mirim.

Porém em estudos na região nordeste paraense realizados por, ACHEAMPONG (2001), FIGUEIRA (2002), SAMPAIO (2004), ROSA FILHO et al. (2006) e BRAGA et al. (2009), encontraram riqueza condizentes com a região amazônica, identificaram respectivamente, 27, 36, 39, 17 e 46 táxons, enquanto PAULA et al. (2006) registrou 16 táxons no estuário do rio Curuca-PA, ROSA FILHO;AVIZ (2013) identificou 36 espécies no estuário Guajarino, e AVIZ et al. (2012) encontrou apenas 22 táxons para o mesmo estuário. Tal diferença nos padrões de distribuição e composição da riqueza no nordeste

paraense, pode estar atribuída, não somente em função dos fatores abióticos, bem como por cada metodologia aplicada por seus executores durante as amostragens.

Segundo SCHLACHER;WOOLDRIDGE (1996), o padrão de distribuição riqueza e abundância das associações macrobênticas podem ser fortemente influenciadas pela metodologia empregada no estudo, que inclui o desenho experimental, as técnicas e equipamentos de amostragem, número de amostras e, principalmente, o tamanho de malha das peneiras usadas durante o processamento de amostras.

Já segundo KAISER et al. (2011), os ambientes estuarinos apresentam níveis de riqueza e diversidade baixos, devido ao stress causado pelas grandes variações de salinidade. Para este autor, a diversidade de espécies dulcícolas diminuem com o aumento da salinidade e as espécies marinhas se tornam mais dominantes, na região de mistura intensa existe uma diminuição do número de espécies. CASTRO;HUMBER (2012) afirmam que nesse ambiente as espécies eurialinas, ou seja, que toleram ampla gama de salinidade, apresentam maiores densidades e diversidade de espécies, por serem resistentes às situações de estresse ambiental provocada pela variação da salinidade.

A elevada densidade dos poliquetas *Namalycastis abiuma*, *Nephtys fluviatilis* e *Mediomastus californiensis* no estuário rio Guajará-mirim, está relacionada ao carácter oligohalinos dessas espécies, o que facilita o estabelecimento e dominância dessas populações em ambientes de baixa salinidade. Frequentemente esses táxons são descritos como mais densos e abundantes, em estudos realizados nas regiões estuarinas da costa paraense, como observado em trabalhos de ROSA FILHO;AVIZ (2013), AVIZ et al. (2012), ROSA FILHO et al. (2006).

Outro fator preponderante às elevadas densidades dos poliquetas, dá-se na característica do sedimento do estuário do rio Guajará-mirim, constituir predominantemente em areia siltica e silte. Este tipo de sedimento favorece a oferta de alimento, por conseguinte, favorece a colonização e o domínio de táxons comedores de depósitos orgânicos, como *Mediomastus californiensis* (ROSA FILHO et al., 2006).

Os táxons registrados com maiores densidades no estuário do Guajará-mirim, *Namalycastis abiuma*, *Nephtys fluviatilis* e *Mediomastus californiensis*, apresentam características similares. Tais táxons são de estuários tropicais e subtropicais, comumente encontrada na região entre marés de banco lodosos, comedora de depósitos e/ou carácter

oportunista (exceto *N. fluviatilis*), acentuada capacidade osmorregulatória a curto ou longo prazo.

Silte, matéria orgânica (MO), pH e Nitrato (NO_3), foram os parâmetros da água apontados pela Análise de Redundância Canônica (RDA) como os mais significativos para a estruturação da macrofauna durante as ocasiões de amostragem.

A forte relação da maioria das espécies com o silte, está associado a esse tipo de sedimento ter elevada oferta de alimento, o que favorece a colonização de espécies comedora de depósitos orgânicos. MANINO;MONTAGNA (1997), afirma que a macrofauna bentônica tem preferência em colonizar ambiente com substrato rico sedimentos finos com silte e argila, por oferecerem maior quantidade de alimento, representado pela matéria orgânica, além de facilitar a locomoção de espécies vagáteis.

Nos meses de setembro e novembro, períodos de menor precipitação e de maiores salinidades, as variáveis de pH e matéria orgânica apresentaram correlação. Para SOUZA et al. (2012), em manguezal e estuários o acúmulo de serapilheira, provoca o incremento de matéria orgânica na água e sedimento adjacentes acontece o inverso, com o processo de decomposição, aeróbico ou anaeróbico da matéria orgânica, diminuição o pH em águas de menor salinidade. Já MACÊDO et al. (2000), afirma a capacidade de neutralização existente no ecossistema estuarinos devido ao efeito *buffer* (tampão) evitar que ocorram amplas variações do pH, e os valores máximos são obtidos nas áreas de maior influência salina, fato observado por ESCHRIQUE et al. (2008).

O efeito do nitrato (NO_3) sobre a macrofauna apresentou um padrão claro. Nos meses de março e maio, período de maior pluviosidade, há maior fluxo fluvial e por consequência o aumento considerável nas concentrações de nitrato (NO_3) nas águas estuarina do Guajará-mirim, culminou maior incremento na densidade das espécies de *Dero sp.* e *N. abiuma* para esse período. Para PALMER et al. (2011), altas concentrações de nitrato e outros nutrientes, está relacionado com um aumento do fluxo fluvial estuário.

O táxon *Dero sp.*, é um oligoqueta pertencente à família Naididae, esta comumente identificada como bioindicadora de ambientes impactados. AVIZ et al. (2012) e ROSA FILHO;AVIZ (2013) em trabalho realizado no estuário gaujarino, destacou altas densidades de oligochaeta em locais poluídos no períodos chuvoso. Para esses autores, este grupo aproveita-se do aumento do fluxo fluvial e da baixa salinidade na estação chuvosa para aumentar a sua abundância distribuição em locais impactados

com sedimentos que contêm mais areia. Já *N. abiuma*, é uma espécie que habita diversos tipo de fundo e é considerada oportunista, ou seja, em condições de distúrbio onde outras espécies diminuem sua densidade ou desaparecem, está por sua vez, aumenta sua população (MAGESH et al., 2012; SANTOS;LANA, 2001).

Embora, tenha-se constatado níveis de nitrato fora dos padrões recomendado e a forte significância desse nutriente com o bioestimulo proporcionado aos táxons *Dero sp.* e *N. abiuma*, não ficou configurada a poluição do estuário para o período de ocorrência das espécies. No entanto, novos estudos são necessários para se determinar a relação entre o nitrato e o aumento dessas populações, no estuário do Guajará-mirim.

7. CONCLUSÕES

A macrofauna bentônica do rio Guajará-mirim foi constituída por táxons principalmente estuarinos e dulcícolas, com dominância dos anelídeos poliquetas em todos os locais e períodos de coletas;

As espécies dos Polychaetas *Mediomastus californiensis*, *Nephtys fluviatilis* e *Namalycastis abiuma*, são as mais densas entre a macrofauna identificada no estuário do Guajará-mirim, em todos os meses e pontos coletas;

A macrofauna bentônica foi caracterizada pela baixa riqueza, diversidade e dominância de poucos táxons durante todo o período de estudo;

A densidade e riqueza das associações macrobentônicas apresenta variação espacial, não sendo encontrada grande influências sazonais;

O estuário do rio Guajará-mirim apresentou característica de ambiente oligohalino (baixa variação de salinidade) e grande influência fluvial, principalmente durante os de maior precipitação;

As variáveis ambientais condicionantes da macrofauna bêmica no estuário de Guajará-mirim são: silte, pH, matéria orgânica e nitrato;

O sedimento do estuário do Guajará-mirim, é caracterizado como de hidrodinâmica muito alta, com maiores porcentagens de areia siltica em todos os períodos do ano.

REFERÊNCIAS

- ACHEAMPONG, E. **Distribution of macrozoobenthos abundance and biomass in intertidal soft sediments of North-East Brazil**. 2001. f69. (Master's Degree Dissertation). University of Bremen, Germany. 2001.
- AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H.; STEINER, T. M.; FORRONI, T. O.; GOMES, D. F. **Catálogo das espécies de Annelida Polychaeta do Brasil**. Campinas: 2013. 187p.
- AMARAL, A. C. Z.; NONATO, E. F. **Annelida Polychaeta: Características, Glossário e Chaves para Famílias e Gêneros da Costa Brasileira**. UNICAMP, 1996. 124p.
- ANGONESI, L. G. **Efeitos da descarga de esgotos urbanos sobre os macroinvertebrados bentônicos de fundos moles na região estuarina da Lagoa dos Patos, RS - Brasil**. 2000. f135. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2000.
- ANGONESI, L. G.; BEMVENUTI, C. E.; GANDRA, M. S. Effects of dredged sediment disposal on the coastal marine macrobenthic assemblage in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.66, n.2, p.413-420, 2006.
- AVIZ, D.; CARVALHO, I. L. R.; ROSA FILHO, J. S. Spatial and temporal changes in macrobenthic communities in the Amazon coastal zone (Guajará Estuary, Brazil) caused by discharge of urban effluents. **Scientia Marina**, v.76, p.381-390, 2012.
- AVIZ, D.; MELLO, C. F.; SILVA, P. F. Macrofauna associada às galerias de *Neoteredo reynei* (Bartsch, 1920) (Mollusca: Bivalvia) em troncos de *Rhizophora mangle* Linnaeus durante o período menos chuvoso, em manguezal de São Caetano de Odivelas, Pará (costa norte do Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém**, v.4, n.1, p.47-55, 2009.
- BARROS, F.; HATJE, V.; FIGUEIREDO, M. B.; MAGALHÃES, W. F.; DÓREA, H. S.; EMÍDIO, E. S. The structure of the benthic macrofaunal assemblages and sediments characteristics of the Paraguaçu estuarine system, NE, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.78, n.4, p.753-762, 2008.
- BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Variabilidade espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica e hidrologia no estuário do rio Una (Pernambuco–Brasil) **Tropical Oceanography, Recife**, v.33, n.1, p.1-18, 2005.

BEMVENUTI, C. E.; ANGONESI, L. G.; GANDRA, M. S. Effects of dredging operations upon soft bottom macrofauna on a harbor area, Patos Lagoon estuarine region, southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v.65, n.4, p.573-581, 2005.

BEMVENUTI, C. E.; ROSA-FILHO, J. S.; ELLIOTT, M. Changes in soft-bottom macrobenthic assemblages after a sulphuric acid spill in the Rio Grande Harbor (RS, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v.63, n.2, p.183-194, 2003.

BOROTTI-FILHO, M. A. **Evolução dos manguezais do norte da ilha do Cardoso (Cananéia-SP)**. 2013. f137. (Dissertação de Mestrado). Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. 2013.

BOUCHARD, R. W., JR. . **Guide to aquatic macroinvertebrates of the Uper Midwest**. Water Resources Center St. Paul: University of Minnesota, 2004.

BRAGA, C. F.; BEASLEY, C. R.; ISAAC, V. J. Effects of plant cover on the macrofauna of *Spartina* marshes in northern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, n.6, p.1409-1420, 2009.

BRAGA, C. F.; MONTEIRO, V. F.; ROSA-FILHO, J. S.; BEASLEY, C. R. Benthic macroinfaunal assemblages associated with Amazonian saltmarshes. **Wetlands Ecology and Management**, v.19, n.3, p.257-272, 2011/06/01 2011.

BROWN, S. S.; GASTON, G. R.; RAKOCINSKI, C. F.; HEARD, R. W. Effects of sediment contaminants and environmental gradients on macrobenthic community trophic structure in Gulf of Mexico estuaries. **Estuaries**, v.23, n.3, p.411-424, 2000.

CAMARGO, M. SYSGRAM para windows: sistema de análises granulométricas. **Pontal do sul.**, v.2 disquetes, n.5_{1/4}, 1999.

CANARY, A. C.; POERSCH, L.; WASIELESKY JUNIOR, W. Impacto dos efluentes de cultivo semi-intensivo de camarão sobre a fauna bentônica no sul do Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v.31, n.4, p.345-353, 2009.

CAPITOLI, R. R.; BEMVENUTI, C. E. Distribuição batimétrica e variações de diversidade dos macroinvertebrados bentônicos da plataforma continental e talude superior no extremo sul do Brasil. **Atlântica, Rio Grande**, v.26, n.1, p.27-43, 2004.

CAPITOLI, R. R.; BEMVENUTI, C. E. Associações de macroinvertebrados bentônicos de fundos inconsolidados da Plataforma Continental e Talude superior no extremo sul do Brasil. **Atlântida, Rio Grande**, v.28, n.1, p.47-59, 2006.

CARVALHO, P. V. V. D. B. C. O. **Macrozoobentos na avaliação da qualidade ambiental de áreas estuarinas no litoral norte de Pernambuco - Brasil**. 2004. f125. (Dissertação de Mestrado). Biologia Animal, Universidade Federal de Pernambuco, Recife 2004.

CASTRO, P.; HUMBER, E. M. **Biologia Marinha**. 8ªed. Porto Alegre: AMGH, 2012. 461p.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357**. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em 25 de janeiro de 2014: 23 p. 2005.

COUTO, E. C. G.; ALMEIDA, M. V. O.; LANA, P. C. Diversidade e distribuição da macrofauna bêntica do Saco do Limoeiro, Ilha do Mel, Paraná-outono de 1990. **Publ. Esp. Inst. Oceanogr, São Paulo**, v.11, n.1, p.239-247, 1995.

DUARTE, A. S.; PINHO, J. L.; PARDAL, M. A.; NETO, J. M.; VIEIRA, J. P.; SANTOS, F. S. Effect of residence times on River Mondego estuary eutrophication vulnerability. **Water Science and Technology** v.44, n.2-3, p.329-336, 2001.

ESCHRIQUE, S. A.; MARINS, R. V.; MOREIRA, M. O. P.; ALMEIDA, M. D. Hidrogeoquímica do fósforo no estuário do Jaguaribe (CE). In: BRAGA, E. S. (Ed.). **Oceanografia e Mudanças Globais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008. p.629-647.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 1998. 602p.

FERNANDES, C. M. **Caracterização espaço-temporal das associações macrobentônicas em canais de maré na planície costeira Bragantina**. 2006. f66. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, Bragança-PA. 2006.

FERREIRA, W. L. S.; BEMVENUTI, C. E.; ROSA, L. C. Effects of the shorebirds predation on the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon, South Brazil. **Thalassas** v.21, n.2, p.77-82, 2005.

FIGUEIRA, E. A. G. **Caracterização da comunidade macrobentônica dos manguezais do Furo Grande, Bragança, Pará**. 2002. f110. (Dissertação de Mestrado). Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, Bragança-PA. 2002.

FIUZA, A. B. J. Q.; LE HUGEUR, L. G. O.; QUEIROZ, B. J. Análise ambiental do estado de conservação do baixo curso do rio Pacoti – Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar** v.43, n.1, p.18-29, 2010.

FRANKLIN-JÚNIOR, W. **Macrofauna bentônica da região entre-marés de bancos areno-lamosos em um estuário tropical: Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil**. 2000. f80. (Dissertação de Mestrado). Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2000.

GOMES, T. P.; ROSA FILHO, J. S. Composição e variabilidade espaço-temporal da meiofauna de uma praia arenosa na região amazônica (Ajuruteua, Pará). **Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre**, v.99 n.2, p.210-216, 2009.

HATJE, V.; BARROS, F.; MAGALHÃES, W.; RIATTO, V. B.; AMORIM, F. N.; FIGUEIREDO, M. B.; SPANÓ, S.; CIRANO, M. Trace metals and benthic macrofauna distributions in Camamu Bay, Brazil: Sediment quality prior oil and gas exploration. **Mar Pollut Bull**, v.56, n.2, p.363-370, 2008.

HEIP, C. H. R.; GOOSEN, N. K.; HERMAN, P. M. J.; KROMKAMP, J.; MIDDELBURG, J. J.; SOETAERT, K. Production and consumption of biological particles in temperate tidal estuaries. **Oceanography and Marine Biology: an Annual Review**, v.33, p.1-149, 1995.

HYNES, H. B. **The ecology of running waters**. Canadá: University of Toronto Press, 1970. 555p.

ISMAEL, D.; VALENTI, W. C.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. **Síntese. In: Biodiversidade do estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX, v.4: Invertebrados de água doce**. São Paulo: FAPESP, 1999.

JOSEFSON, A. B.; GÖKE, C. Disentangling the effects of dispersal and salinity on beta diversity in estuarine benthic invertebrate assemblages. **Journal of Biogeography**, v.40, n.5, p.1000-1009, 2013.

KAISER, M. J.; ATTRILL, J. M.; JENNINGS, S.; THOMAS, D. N.; BARNES, D. K. A.; BRIERLEY, A. S.; HIDDINK, J. G.; KAARTOKALLIO, H.; POLUNIN, N. V. C.; RAFFAELLI, D. G. **Marine Ecology: Processes, Systems, and Impacts**. 2^aed. Oxford University Press, 2011. 557p.

KAPUSTA, S. C.; WÜRDIG, N. L.; BEMVENUTI, C. E.; PINTO, T. K. Spatial and temporal distribution of Nematoda in a subtropical estuary. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.18, n.2, p.133-144, 2006.

KENDALL, M. A.; WIDDICOMBE, S. Small scale patterns in the structure of macrofaunal assemblages of shallow soft sediments. **Journal Experiment Marine Biology and Ecology**, v.237, n.1, p.127-140, 1999.

LANA, P. C. Organismos bênticos e atividades de monitoramento. In: IKEDA, I. O. (Ed.). **Oceanografia biológica, bentos, diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil**. São Paulo: Convênio Petrobrás-Fundespa, 1994.

LANA, P. C.; AMARAL, A. C. Z.; SOUZA, J. R. B.; RUTA, C.; BRASIL, A. C. S.; SANTOS, C. S. G.; GARRAFFONI, A. R. S. Polychaeta. In: ROCHA, R. M.; BOEGER, W. A. O. (Ed.). **Estado da arte e perspectivas para a zoologia no Brasil**. Curitiba: UFPR, v.149, 2009. p.91-100.

LANA, P. C.; CAMARGO, M. G.; BROGIM, R. A.; ISAAC, V. J. **O bentos da costa brasileira: avaliação crítica e levantamento bibliográfico, 1858-1996**. Rio de Janeiro: FEMAR, 1996. 342p.

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E. D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data,. **Oecologia**, v.129, n.1, p.271-280, 2001.

LEVINTON, J. S. **Marine biology: function, biodiversity, ecology**. Oxford: Oxford University Press, 2001.

LUO, X.; ZHANG, S.; YANG, J.; PAN, J.; TIAN, L.; ZHANG, L. Macrobenthic community in the Xiaoqing River Estuary in Laizhou Bay, China. **Journal of Ocean University of China**, v.12, n.3, p.366-372, 2013.

MACÊDO, S. J.; FLORES-MONTES, M. J.; LINS, I. C. Características abióticas da área. In: BARROS, H. M.; ESKINAZILEÇA, E.; MACÊDO, S. J.; LIMA, T. (Ed.). **Gerenciamento participativo de estuários e manguezais**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000. p.7-25.

MAGESH, M.; KVIST, S.; GLASBY, C. Description and phylogeny of *Namalycastis jaya* sp. n. (Polychaeta, Nereididae, Namanereidinae) from the southwest coast of India. **ZooKeys**, v.238, n.0, p.31-43, 2012.

MANINO, A.; MONTAGNA, P. A. Small-scale spatial variation of macrobenthic community structure. **Estuaries**, v.20, n.1, p.159-173, 1997.

MELO, K. R. **Macrofauna bentônica do sublitoral da planície costeira bragantina**. 2008. f56. (Dissertação de Mestrado). Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, Bragança-Pa. 2008.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: EDUSP, 2002.

MIRANDA, L. Q. **Distribuição e abundância dos macroinvertebrados bentônicos dos rios Quatipurú, Caeté e Urumajó, nordeste do Pará**. 2007. f84. (Dissertação de Mestrado). Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, Bragança-Pa. 2007.

MONTEALEGRE, J. C. **Manual técnico para camaroneras**. Guayaquil: 2000. 45p.

NASCIMENTO, J. R. **Efeitos da degradação dos manguezais sobre a diversidade e abundância da macrofauna bentônica na península de Ajuruteua, Bragança-PA**. 2008. f50. (Dissertação de Mestrado). Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, Bragança-Pa. 2008.

NETTO, S. A.; PEREIRA, T. J. Benthic community response to a passive fishing gear in a coastal lagoon (South Brazil). **Aquatic Ecology**, v.43, n.2, p.521-538, 2009.

NEVES, F. M.; BEMVENUTI, C. E. Spatial distribution of macrobenthic fauna on three sandy beaches from northern Rio Grande do Sul, southern Brazil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v.54, n.2/3, p.135-145, 2006.

OLIVEIRA, S. P.; MOURA, C. A. V.; ROSA FILHO, J. S. Avaliação de Oligochaeta (Tubificinae) e Polychaeta (*Namalycastis abiuma*) como bioindicadores da composição isotópica de Chumbo: exemplo do estuário guajarino, Belém (PA), Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v.40, n.2, p.141-146, 2013.

OURIVES, T. M.; RIZZO, A. E.; BOEHS, G. Composition and spatial distribution of the benthic macrofauna in the Cachoeira River estuary, Ilhéus, Bahia, Brazil. **Revista de biología marina y oceanografía**, v.46, n.1, p.17-25, 2011.

PAGLIOSA, P. R.; BARBOSA, F. A. R. Assessing the environment–benthic fauna coupling in protected and urban areas of southern Brazil. **Biological Conservation**, v.129, n.3, p.408-417, 2006.

PALMER, T. A.; MONTAGNA, P. A.; POLLACK, J. B.; KALKE, R. D.; DEYOE, H. R. The role of freshwater inflow in lagoons, rivers, and bays. **Hydrobiologia**, v.667, n.1, p. 49-67, 2011.

PARÁ, P. G. D. **Informações gerais. Estatística Municipal de Vigia**. SECRETARIA DE ESTADO PLANEJAMENTO, O. E. F. E. I. D. D. E., SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ: Disponível em: <

<http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/vigia.pdf>>. Acesso em: 14 julho de 2012: 49 p. 2011.

PAULA, J. H. C.; ROSA FILHO, J. S.; S. SOUZA, A. L. B.; AVIZ, D. A meiofauna como indicadora de impactos da carcinicultura no estuário de Curuçá-Pa. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém**, v.19, n.1, p.61-72, 2006.

PERES-NETO, P. R.; LEGENDRE, P.; DRAY, S.; BORCARD, D. Variation partitioning of species data matrices: Estimation and comparison of fractions. **Ecology**, v.87, n.1, p.2614-2625, 2006.

PINOTTI, R. M.; COLLING, L. A.; BEMVENUTI, C. E. Temporal dynamics of deep infralittoral macrobenthic fauna inside a subtropical estuarine environment. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.15, n.1, p.26-41, 2011.

PINTO, T. K.; AUSTERN, M. C.; BEMVENUTI, C. E. Effects of macroinfauna sediment disturbance on nematode vertical distribution. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.86, n.1, p.227-233, 2006.

PINTO, T. K.; BEMVENUTI, C. E. Efeitos de estruturas construídas pela macrofauna bentônica escavadora nas associações da meiofauna. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.15, n.3, p.41-51, 2003.

POHLE, G.; FROST, B.; FINDLAY, R. Assessment of regional benthic impact of salmon mariculture within the Letang Inlet, Bay of Fundy. **ICES Journal of Marine Science**, v.58, n.2, p.417-426, 2001.

PRENDLE, D. **Estuaries: Dynamics, Mixing, Sedimentation and Morphology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. 236p.

RAMOS, C. A. R. **Qualidade ambiental, distribuição e densidade do mesozooplâncton do estuário de Guajará-Miri, Vigia de Nazaré, NE do Estado do Pará**. 2007. f126. (Dissertação Mestrado). Pós Graduação em Ciência Animal, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, Belém. 2007.

ROLEMBERG, K. F.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; ARZABE, C. Caracterização do macrozoobentos nas áreas sob a influência da carcinicultura no entorno do estuário do rio Camurupim, Piauí, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v.41, n.1, p.36-47, 2008.

ROSA FILHO, J. S. **Variações espaço-temporais das associações de macroinvertebrados bentônicos de fundos moles dos estuários do Rio Grande do Sul (Brasil). Influência de fatores naturais e introduzidos, e modelos para sua predição**.

2001. f201. (Tese de Doutorado). Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2001.

ROSA FILHO, J. S.; ALMEIDA, M. F.; AVIZ, D. Spatial and temporal changes in the benthic fauna of a macrotidal Amazon sandy beach, Ajuruteua, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v.SI, n.56, p.1796 - 1780, 2009.

ROSA FILHO, J. S.; AVIZ, D. Macrobenthic communities of an Amazonian estuary (Guajará Bay, Brazil): temporal and spatial changes. **Journal of Coastal Research**, v.65, n.SI, p.123-128, 2013.

ROSA FILHO, J. S.; BEMVENUTI, C. E.; ELLIOT, M. Predicting biological parameters of estuarine benthic communities using models based on environmental data. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.4, p.613-627, 2004.

ROSA FILHO, J. S.; BUSMAN, D. V.; VIANA, A. P.; GREGÓRIO, A. M.; OLIVEIRA, D. M. Macrofauna bentônica de zonas entre-marés não vegetadas do estuário do rio Caeté, Bragança, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais, Belém**, v.1, n.3, p.85-96, 2006.

ROSA FILHO, J. S.; GOMES, T. P.; ALMEIDA, M. F.; SILVA, R. F. Benthic fauna of macrotidal sandy beaches along a small-scale morphodynamic gradient on the Amazon coast (Algoadoal Island, Brazil). **Journal of Coastal Research**, v.SI, n.64, p.435-439, 2011.

ROSA, L. C.; BEMVENUTI, C. E. Seasonal stratification of the estuarine macroinfauna of the Patos Lagoon estuary, southern Brazil. **Thalassas**, v.22, n.1, p.17-23, 2006a.

ROSA, L. C.; BEMVENUTI, C. E. Temporal variability of the estuarine macrofauna of the Patos Lagoon, Brazil. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v.41, n.1, p.1-9, 2006b.

ROSA, L. C.; BEMVENUTI, C. E. Seria a macrofauna bentônica de fundos não consolidados influenciada pelo aumento na complexidade estrutural do hábitat? O caso do estuário da Lagoa dos Patos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v.11, n.1, p.51-56, 2007.

ROZAS, L. P.; MINELLO, T. J.; MUNUERA-FERNÁNDEZ, I.; FRY, B.; WISSEL, B. Macrofauna distributions and habitat change following winter-spring release of freshwater into the Breton Sound estuary, Louisiana (USA). **Estuarine Coastal and Shellfish Science**, v.65, n.1, p.319-336, 2005.

SALEN-PICARD, C.; ARLHAC, D. Long-term changes in Mediterranean benthic community: relations between the polychaete assemblages and hydrological variations of the Rhône River. **Estuaries**, v.25, n.6 p.1121-1130, 2002.

SAMPAIO, D. S. **Comparação da macrofauna bentônica em bosques de mangue sob diferentes graus de degradação no município de Bragança** 2004. f85. (Dissertação de Mestrado). Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, Bragança-PA. 2004.

SANTOS, C. S. G.; LANA, P. C. Nereididae (Annelida, Polychaeta) da costa nordeste do Brasil. Gêneros *Namalycastis*, *Ceratocephale*, *Laonereis* e *Rutillienereis*. **Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre**, v.91, n.1, p.137-149, 2001.

SANTOS, S. M. L. **Estudos genéticos e ecológicos da família Teredinidae (Mollusca: Bivalvia) do Pará**. 2003. f84. (Dissertação Mestrado). Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, Bragança-Pará. 2003.

SANTOS, T. N. A. **Avaliação das associações macrobentônicas do estuário do rio Quatipuru, nordeste do Pará**. 2008. f44. (Dissertação de Mestrado). Pós-Graduação em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará, Bragança-Pa. 2008.

SCHLACHER, T. A.; WOOLDRIDGE, T. H. How sieve mesh size affects samples estimates of estuarine benthic macrofauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.201, n.1, p.159-171, 1996.

SILVA, A. F. **Caracterização da macrofauna bentônica dos bancos areno-lamosos dos estuários dos Rios Pacoti e Pirangi - Ceará, Brasil**. 2006. f86. (Dissertação de Mestrado). Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2006.

SILVA, C. L. A.; PINTO, L. E. S. C.; LOURO, L. H. L.; LIMA, E. S.; SILVA, M. H. P. Caracterização Microestrutural do Compósito Hidroxiapatita Bovina-Biovidro. **Ciência e Tecnologia**, v.28, n.1, p.8-23, 2011a.

SILVA, R. F.; ROSA FILHO, J. S.; SOUZA, S. R.; SOUZA-FILHO, P. W. Spatial and temporal changes in the structure of soft-bottom benthic communities in an Amazon estuary (Caeté estuary, Brazil). **Journal of Coastal Research**, v.SI, n.64, p.440 - 444, 2011b.

SOKOŁOWSKI, A.; WOŁOWICZ, M.; ASMUS, H.; ASMUS, R.; CARLIER, A.; GASIUNAITÉ, Z.; GRÉMARE, A.; HUMMEL, H.; LESUTIENÉ, J.; RAZINKOVAS, A.; RENAUD, P. E.; RICHARD, P.; KĘDRA, M. Is benthic food web structure related to diversity of marine macrobenthic communities? **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.108, n.1, p.76-86, 2012.

SOUZA, M. F. L.; LONGHINI, C. M.; SILVA, A. M.; LENTINI, C. A. D. Ciclo do Carbono: Processos biogeoquímicos, físicos e interações entre compartimentos na Baía de Todos os Santos. **Revista Virtual de Química**, v.4, n.5, p.566-582, 2012.

STEPHENS, W. W.; FARRIS, J. L. Instream community assessment of aquaculture effluents. **Aquaculture**, v.231, n.1-4, p.149-162, 2004.

STRIXINO, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. **Herptobentos e haptobentos de lagoas marginais da Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP)**. In SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R.; MOSCHINI, L. E., orgs. **Estudos integrados em ecossistemas - Estação Ecológica de Jataí**. São Carlos: Edufscar, 2006.

SURUGIU, V. The use of polychaetes as indicators of eutrophication and organic enrichment of coastal waters: a study case – Romanian Black Sea Coast. **Biologie animală**, v.Tom LI, n.1, p.55-62, 2005.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

VASCONCELOS, D. M.; SANTOS, P. J. P.; TRINDADE, R. L. Distribuição espacial da meiofauna no estuário do Rio Formoso, Pernambuco, Brasil. **Atlântica**, v.26, n.1, p.45-54, 2004.

WARWICK, R. M. Environmental impact studies on marine communities: pragmatical considerations. **Australian Journal of Ecology**, v.18, n.1, p.63-80, 1993.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis. Upper Saddle River**. 3ªed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 662p.

ANEXOS

Tabela 4: Tabela: Valores do teste W de Shapiro-Wilk e valores p(normal) para as variáveis ambientais do estuário do rio Guajará-mirim, durante os períodos de coletas.

Variável Ambiental	Sigla	N	Shapiro-Wilk (W)	p(normal)
Temperatura (°C)	Temp	24	0,890	0,01325*
Salinidade	Sal	24	0,910	0,03462*
pH	pH	24	0,959	0,42080
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	OD	24	0,980	0,89830
Nitrogênio Amoniacal (mg.L ⁻¹)	NH ₄	24	0,943	0,19050
Nitrito (mg.L ⁻¹)	NO ₂	24	0,735	0,00003*
Nitrato (mg.L ⁻¹)	NO ₃	24	0,830	0,00093*
Fosfato (mg.L ⁻¹)	PO ₄	24	0,932	0,10600*
Profundidade (m)	Prof	24	0,785	0,00016*
Matéria Orgânica	MO	24	0,981	0,91150
Areia	A	24	0,832	0,00104*
Silte	S	24	0,900	0,02128*
Argila	AR	24	0,917	0,05034*

* não apresentam distribuição normal a 0,05

Tabela 5: Tabela: Valores do teste W de Shapiro-Wilk e valores p(normal) para as variáveis bióticas do estuário do rio Guajará-mirim, durante os períodos de coletas.

Variável Biológica	Sigla	N	Shapiro-Wilk (W)	p(normal)
Densidade Total	DET	24	0,933	0,11430
Riqueza Total	RIT	24	0,980	0,88720
Diversidade de Shannon	DIS	24	0,808	0,00039*
Equitabilidade de Pielou	EQP	24	0,869	0,00501*

* não apresentam distribuição normal a 0,05

Figura 26: Representantes dos principais táxons de maior densidade durante o período de estudo no estuário do rio Guajará-mirim Vigia-Pará, Brasil. (26A: *Nephtys fluviatilis*; 26B; *Mediomastus californiensis*; 26C: *Namalycastis abiuma*).

